

Félix José Mondlane

Análise do Funcionamento de uma Estação Elevatória - Estudo do Caso no Regadio de Horticulturas Do Bloco -I da Moamba

Licenciatura em Engenharia de Construção Civil
Minor de Construção e Manutenção de Obras Hidráulicas

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

Félix José Mondlane

Análise de Funcionamento de uma Estação Elevatória - Estudo do Caso no Regadio de Horticulturas Do Bloco -I da Moamba

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Construção Civil, na Faculdade de Engenharias e Tecnologias, para a obtenção do grau académico de Licenciatura.

Supervisor:

Mestre Eng^o Roberto Samuel Macaringue

Universidade Pedagógica de Maputo

Maputo

2022

Índice

Lista de Figuras.....	v
Lista de Tabelas	vi
Lista de Gráficos.....	vi
Abreviaturas e Siglas	vii
Símbolos	viii
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	ix
DEDICATÓRIA	x
AGRADECIMENTOS	xi
RESUMO.....	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
CAPÍTULO I: CONTEXTO DE ESTUDO.....	14
1.1. Introdução.....	14
1.2. Problematização e Problema	15
1.3. Delimitação do tema.....	15
1.4. Justificativa.....	15
1.5. Hipóteses	16
1.6. Objectivos.....	16
1.6.1. Objectivo geral	16
1.6.2. Objectivos específicos	16
CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1. Definição de termos e conceitos.....	17
2.2. Revisão da Literatura.....	20
2.2.1. Tipos de captação de água de rega	20
2.2.2. Estação elevatória.....	20
CAPÍTULO III: METODOLOGIA	31
3.1. Descrição da Zona em estudo.....	31
3.1.1. Localização do distrito da Moamba.....	31
3.1.2. Divisão Administrativa.....	31
3.1.3. Descrição do Ambiente Biofísico.....	32

3.1.4. Actividades Económicas.....	34
3.1.5. Regadio da Moamba Bloco I.....	34
3.2. Tipo de pesquisa	36
3.3. População e Amostra.....	37
3.4. Técnicas e Instrumentos de recolha de dados.....	37
3.5. Procedimentos para análise de dados	38
3.6. Considerações éticas da pesquisa	38
CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS DADOS, INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	39
CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES	42
5.1. Conclusões:.....	42
5.2. Recomendações, Sugestões e Limitações da Pesquisa.....	44
BIBLIOGRAFIAS	45
APÊNDICES	48
ANEXOS	53

Lista de Figuras

Figura 1. Ponto de operação de bomba centrífuga (Fonte: ALÉ, 2011).....	19
Figura 2. Estação de bombagem (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).	21
Figura 3. Aspiração positiva (a) e negativa (b). (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).....	23
Figura 4. Alturas de sucção e recalque (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).	23
Figura 5. Representação do gráfico de pré-selecção de bombas (Fonte: MACINTYRE, 1997)..	25
Figura 6. Localização do Distrito de Moamba (Fonte: INE, 2012).....	31
Figura 7. Divisão administrativa do distrito da Moamba.(Fonte: MAE, 2005 : AD).	32
Figura 8. Captação (A) e a electrobomba (B) actualmente em funcionamento (Fonte: Autor)..	35
Figura 9. Reservatório Principal (Fonte: Autor).....	35

Lista de Tabelas

Tabela 1: Divisão Administrativa do Distrito de Moamba. (Fonte: MAE, 2005: AD).....	32
Tabela 2. Estação agroclimática de Moamba (Fonte: INIR, 2017)	33
Tabela 3: Lista de verificações da Estação Elevatória do RMBI. (Fonte: Autor).	37

Lista de Gráficos

Gráfico 1. Curvas características de bombas centrífugas. (Fonte: MARQUES & SOUSA, 2009).	25
Gráfico 2. Escoamentos na Estação Hidrométrica de Magude (Fonte: DNA, 2010).	33

Abreviaturas e Siglas

AD	Administração Distrital
C	Constante adimensional de Hazen-Williams
D ou d	Diâmetro da tubagem
DNA	Direcção Nacional de Águas
<i>et. al.</i>	Entre outros
etc	Etecetra
EN	Estrada Nacional
FDA	Fundo de Desenvolvimento Agrário
Eng°	Engenheiro
ha	Hectare
Hs	Altura estática de de aspiração ou sucção
HG	Altura geométrica
Hf	Perda de carga total
Hm	Altura manométrica da instalação
ΔH_s	Perda de carga total na linha de sucção
hf_{1-2}	Perda de carga entre os pontos 1 e 2 de uma instalação
ΔH_r	Perda de carga total na linha de recalque
INE	Instituto Nacional de Estatística
INIR	Instituto Nacional de Irrigação
MAE	Ministério de Administração Estatal
NSPH	Carga energética líquida (<i>Net Positive Suction Head</i>)
P_B	Potência da bomba
P_M	Potência do motor

PVC	(Polyvinyl chloride) - Cloreto de vinila
RMBI	Regadio da Moamba Bloco I
SDAE	Serviços Distrital de Actividades Económicas

Símbolos

%	Percentagem
J	Perda de carga unitária
kM	Quilómetro
kN	kilo Newton (10^3)
kW	Kilo Watts (10^3)
Le	Comprimento equivalente da tubagem
m	Metro
mm	Milímetro
m/s	metro por segundo
Mm ³	Milhões de metros cúbicos
Mzn	Meticais
m ³	Metro cúbico
m ³ /s	Metro cúbico por segundo
n.º	Número
Q	Caudal ou vazão
s	Segundo
v	Velocidade
V	Volume
γ	Peso específico da água
η	Rendimento
s/d	Sem data

DECLARAÇÃO DE HONRA

Declaro que esta Monografia é resultado da minha investigação pessoal e das orientações do meu supervisor, o seu conteúdo é original e todas as fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto, nas notas e na bibliografia final.

Declaro ainda que este trabalho não foi apresentado em nenhuma outra instituição para a obtenção de qualquer que seja grau académico.

Maputo, aos _____ de _____ de _____

(Félix José Mondlane)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho de Licenciatura em Engenharia de Construção Civil, a minha mãe biológica, Luísa Catarina Nhantumbo, mulher batalhadora, minha heroína, deu tudo pelo meu nascimento, saúde, educação e formação, sempre presente na minha vida, em todos os momentos, assisti minhas batalhas, limpa-me as lágrimas e dá-me forças quando mais preciso. Mãe você é a razão desta vitória, minha maior motivação e fonte de inspiração. Te amo mãe!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado a vida e saúde, por ser a luz que guia e ilumina os meus caminhos, por permitir atingir este grau de licenciatura.

Agradeço ao meu supervisor, Mestre Eng^o Roberto Samuel Macaringue, pela orientação, paciência, compressão, dedicação, disposição nos ensinamentos e correcções ao longo de todas as etapas deste trabalho. Sou muito grato pelos ensinamentos Engenheiro.

Agradeço ao Eng^o Juscelino Augusto Macamo, pelas orientações, disposição, ajuda, paciência e pelo contributo no ajuste do título e tema deste trabalho.

Agradeço ao meu pai biológico, Vitorino Munguambe, pelo apoio, carinho, força e pelo suporte, sem o qual não teria sido possível a minha formação. Gratidão eterna pai!

Agradeço as minhas mães, Luísa Catarina Nhantumbo e Julieta Ricardo Nhagumbe por tudo, pelo amor, atenção, suporte, meu porto seguro, por serem essas mães companheiras, amigas, batalhadoras e conselheiras. A minha gratidão é, e sempre será eterna. E dizer conseguimos!

Agradeço aos meus irmãos, em particular e especial ao meu irmão Gonçalves Luísa Nhantumbo, pela força, carinho, amor, pelo companheirismo, pela ajuda e confiança. Muito obrigado! E sigam o meu exemplo irmãos, não é fácil, mas, com fé e determinação é possível.

Agradeço a Lúcia Paulino Nhachengo, pelo carinho, atenção, companheirismo, suporte, amor, força, por acreditar em mim e fazer parte da minha vida e projectos. Muito obrigada querida!

Agradeço aos meus amigos, cúmplices e companheiros da faculdade, Hélio Dalton Pacule, Deodeto Domingos Matavele e Yuran Fernando Ngoenha, por me apoiarem, pela força, pela atenção, presença, pelas dicas de melhoramento deste trabalho. Aí vai o meu muito obrigado por tudo, meus amigos!

Agradeço a Nokuthula Francina Matimbe (Mahlangu), por ter feito parte dessa caminhada, pela força, pela atenção, pelo carinho, presença, pela confiança e encorajamento. Muito obrigado!

Agradeço aos meus amigos, Fernando Udlembe, Mário Mosse, Michelle Alves Macaringue, Alberto Munguambe, Atanásio Henriques Nhassengo, Niquissiane Munguambe, Edilson Carlos, Arsénio Mavunja e Lúcia Fenias Cuna, pelo todo apoio, força, pelo companheirismo, suporte, pela confiança depositada em mim. O meu muito obrigado!

RESUMO

A pesquisa, teve como tema Análise do Funcionamento de uma Estação Elevatória- Estudo do Caso no Regadio de Horticulturas do Bloco-I da Moamba, teve como objectivo geral analisar as causas da paragem do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal à Estação Elevatória do Regadio do Bloco-I da Moamba, a metodologia usada classifica-se quanto a ciência como trabalho prático, quanto a natureza como trabalho científico, quanto aos procedimentos de pesquisa é a base de documentação directa: estudo de campo, com o método de abordagem quantitativa-descritiva, cujo objectivo é exploratório. O estudo analisou a estação agroclimática e hidrométrica do rio Incomati, convista a apurar a existência de condições para água de rega, tendo chegado a conclusão da existência das mesmas. O estudo analisou também o estado da estação elevatória do regadio, apurou as causas que estão por detrás da paragem repentina do conjunto motor-bomba de fornecer o caudal à estação elevatória durante a sua operacionalização, chegou-se à conclusão de que, as paragens são causadas pela ausência do crivo ou ralo no sistema, permitindo a entrada de detritos sólidos e impurezas na bomba obstruindo a tubagem de recalque, devendo-se paralisar, desmontar a bomba e desentupir o propulsor e em seguida montar um crivo para que efeitos do género não voltem a ocorrer, notou-se também a ausência da válvula de pé para evitar o esvaziamento da tubagem e da bomba no caso da sua paragem, fez-se a verificação dos diâmetros das tubagens de sucção e recalque, tendo os resultados levado ao seu redimensionamento, sugeriu-se a construção de uma casa da bomba para a protecção do conjunto motor-bomba com material convencional e pavimentação a betão, abordou-se também as estratégias de operacionalização e manutenção dos equipamentos do sistema. A pesquisa teve como recomendação principal a colocação de crivo e válvula de pé na sucção, como sugestão principal a montagem de pressostato para comando de arranque e paragem do grupo motor-bomba durante a sua operacionalização.

Palavras chaves: Estação elevatória, Bombas centrífugas, Caudal.

ABSTRACT

The research, had as theme Analysis of functioning by a Pumping Station - Case study in the Horticultures Irrigation in Block-I of Moamba, had as general aims analyze of the cause of sudden stoppage of the motor-pump group set supplying the flow to the pumping station of Irrigation in Block-I of Moamba, the methodology used was classified as science as practice work, as nature's was scientific work, as procedures was based on direct documentation: field study, with the method of quantitative-descriptive approach, with an exploratory objective. The study analyzed the agroclimatic and hydrometric station of the Incomati river, with the aim of ascertaining the existence of conditions for irrigation water, having reached the conclusion of the conditions existed. The study also analyzed the state of the irrigation pumping station, ascertaining the causes behind its malfunction and constant of sudden stoppage functioning of the motor-pump group set supplying the flow to the pumping stations during its operation, it was concluded that the stops are caused by the absence of the sieve or drain in the system, allowing solid debris and impurities to enter the pump, obstructing the discharge pipe, and the pump must be stopped, dismantled and the impeller unblocked and then a sieve mount so that such effects do not return to occur, the absence of the foot valve was also noted to prevent the emptying of the pipe and pump in the event of its stop, the diameters of the suction and discharge pipes were checked and the results led to their resizing, it was suggested the construction of pump house to protect the motor-pump set with conventional material and concrete paving, the operationalization and maintenance strategies of system equipment were also discussed. The research had as its main recommendation the placement of sieve and foot valve in the suction, as a main suggestion the assembly of pressurestat for start and stop of the motor-pump group during its operation

Keywords: Pumping station, Centrifugal pumps, Flow.

CAPÍTULO I: CONTEXTO DE ESTUDO

1.1.Introdução

Desde os primórdios da humanidade, quando o homem viu a necessidade de deixar a vida nómada e de recolector, procurou fixar-se em regiões próximas aos cursos de água naturais como rios e lagoas, com o objectivo de utilizá-las como fonte de irrigação para agricultura, de modo a produzir seus próprios alimentos e tornar-se assim, sedentário. A irrigação é muito fundamental à satisfação da necessidade de água de rega para todas as culturas, das espécies hortícolas, em particular, principalmente em regiões ou períodos de ocorrência de regime de distribuição de precipitação inconstante e imprevisível.

Em Moçambique, a agricultura é a base do desenvolvimento económico, sendo praticada pela maioria da população rural em sistemas familiares de baixo nível de investimentos, em regime de sequeiro e irrigação, por isso, considera-se a actividade agrícola praticada nos regadios contribuinte para o desenvolvimento económico e social do país. Maputo é uma província que possui maior número de sistemas de regadio a nível de todo país, com elevado potencial para produção de diversas culturas, a título de exemplo, as hortícolas produzidas no bloco-I da Moamba.

É de extrema importância salientar que qualquer projecto de rega é um complexo multidisciplinar englobando, simultaneamente, aspectos de engenharia, hidrológicos, agricultura e organizacionais, que devem funcionar em harmonia. Dependendo do ponto de vista pessoal e de situações específicas, há conclusões diferentes acerca das possíveis causas do mau funcionamento de um determinado sistema de rega. (JURRIENS e JONG, 1989 apud CHECO, 1997).

Esta pesquisa pretende avançar com mecanismos para mitigar a situação actual do Regadio da Moamba Bloco I (RMBI), de modo a garantir o fornecimento da água pelo grupo motor-bomba, garantindo a velocidade adequada nas tubagens de sucção e recalque, sendo que, este é o objecto desta monografia científica. A pesquisa ocupa-se incisivamente da questão ao longo uma área da zona do Destacamento Feminino que pertence concretamente ao RMBI. A pesquisa, apresenta-se estruturada em texto de cinco capítulos distintos, conforme o descrito a seguir: o capítulo I: é o presente, trata do Contexto do Estudo; o capítulo II: é relacionado à Fundamentação Teórica; o capítulo III: comporta a elaboração Metodológica do trabalho; o capítulo IV: observa a Análise de Dados, Interpretação e Discussão dos Resultados; e o capítulo V: comporta as Conclusões, Recomendações, Sugestões e Limitações da pesquisa.

1.2.Problematização e Problema

O RMBI, que compreende uma área de aproximadamente 355 hectares (ha), era gerido por uma associação de regantes com 120 membros, era principal fonte de rega da Associação dos Regantes de Pondzela e a água usada para irrigação era proveniente do rio Incomati, e captada a partir de um açude. O regadio funcionava com três electrobombas centrífugas, cada com capacidade de caudal de 150 l/s e uma motobomba, era constituído por 4 reservatórios, o principal com formato circular, com uma capacidade de 15 000 m³ de volume, reservatório do canal 1, reservatório canal 3 e reservatório do canal 4. (SITOE, 2003).

O sistema colapsou em 2019. Actualmente, o RMBI, encontra-se com apenas 43 ha de terra em uso, o que correspondentes a 12.11% dos 355 ha e apenas com o reservatório principal activo, a associação procurou garantir água para suas culturas, através da instalação de um novo sistema de elevação da água, tendo optado na captação por meio de um poço de sucção, à margem direita do leito do rio Incomati, com apenas uma electrobomba centrífuga de 150 l/s, com potência do motor de 75 kW, operando numa estação com altura manométrica de 37,5 m, altura geométrica de 16 m, tubagem de sucção de 200 mm e recalque de 150 mm de diâmetro usando o ferro fundido, sem nenhum instrumentos de medição e durante o seu funcionamento o conjunto motor-bomba pára de fornecer caudal ao sistema.

De acordo com a situação anteriormente descrita, a questão de pesquisa que se levanta é a seguinte:

Que causas podem levar ao conjunto motor-bomba do Regadio de Horticulturas do Bloco-I da Moamba parar de fornecer caudal ao sistema em pleno funcionamento?

1.3.Delimitação do tema

A seguinte pesquisa, operacionalizou-se no Regadio de Horticulturas, RMBI. Teve como enfoque as causas da paragem repentina do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal ao sistema, durante o seu funcionamento na estação elevatória, provocando a paragem das actividades e a falta de fornecimento de água ao reservatório principal e, conseqüentemente, a falta da água de rega das hortícolas.

1.4.Justificativa

Com o presente estudo pretende-se mitigar a situação, visto que, a paragem repentina e repetida da electrobomba causa a falta de água no regadio e isso, produz efeitos negativos às culturas e de certa

forma aos agricultores, pelo que compromete os seus calendários de rega e sua planificação. A escolha do RMBI, está em primeiro lugar, ligado ao facto de ser uma das principais fontes para a irrigação das culturas naquele ponto do distrito da Moamba, este que já foi considerado o celeiro da Cidade Maputo, em seguida por ser uma fonte de rendimento para os agricultores e da população daquele distrito da província de Maputo. Trata-se de um estudo de extrema importância, que busca contribuir ao Serviço Distrital de Actividades Económicas (SDAE) da Moamba, na operacionalização do sistema de elevação da água de rega, com o conhecimento científico adquirido sobre Regadios, Sistemas de elevação e de rega, nas cadeiras de Hidrologia, Hidráulica e Irrigação & Drenagem.

A motivação para o desenvolvimento desta pesquisa surge, quando o autor da mesma realizara o estágio pré-profissional supervisionado no regadio, no âmbito da cadeira de estágio, onde na observância da situação, surge a vontade de contribuir com a soluções para a sua mitigação.

1.5.Hipóteses

Hipótese 1: para analisar as causas da paragem do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal à Estação Elevatória do RMBI, é necessário analisar a fonte de captação e a altura de sucção ou aspiração.

Hipótese 2: para analisar as causas da paragem do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal à Estação Elevatória do RMBI, é necessário analisar o diâmetro da tubagem de sucção.

Hipótese 3: para analisar as causas da paragem do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal à Estação Elevatória do RMBI, é necessário analisar a bomba.

1.6.Objectivos

1.6.1. Objectivo geral

- Analisar as causas da paragem do conjunto motor-bomba de fornecimento do caudal à Estação Elevatória do Regadio de Horticulturas do Bloco I da Moamba.

1.6.2. Objectivos específicos

- a) Avaliar o estado actual da captação e/ou sucção e altura de aspiração do RMBI.
- b) Verificar a velocidade da tubagem de sucção do RMBI.
- c) Descrever o estado actual da Bomba do RMBI.

CAPÍTULO II: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Definição de termos e conceitos

Bomba

Segundo ALÉ (2011), as bombas são máquinas utilizadas para transporte de líquidos vencendo a resistências da tubagem e dos seus acessórios. É o órgão responsável por succionar o fluido (neste caso a água), retirando-o do reservatório ou poço de sucção e envernizando-o através de seu rotor, impulsionando-o para o reservatório de recalque.

Bombas centrífugas

Segundo ALÉ (2011), bombas centrífugas são aquelas que apresentam capacidade de 0,5 m³/h até 20 000 m³/h e trabalham com alturas manométricas entre 1,5 a 5 000 mca (metros de coluna de água). Caracterizam-se por ausência de pulsação em serviço contínuo. Apresentam um rotor com pás montado em um eixo girando no interior da carcaça. O fluido chega ao centro do rotor através de uma boca de aspiração sendo forçado através de pás do rotor para a periferia onde atinge uma velocidade elevada. Saindo da ponta das pás o líquido passa para a voluta onde ocorre a transformação da energia cinética em energia de pressão (vide figura 11 em anexos). As bombas centrífugas são as escolhidas para o desenvolvimento deste estudo, pois, mostram-se mais adequadas, uma vez que trata-se de um sistema de rega de culturas.

Associação de bombas:

Neste trabalho far-se-á referência a dois tipos de associação de bombas, a saber: **associação**

✓ **Em série:** são conexões em que as bombas trabalham com a mesma vazão, sendo que a altura manométrica é determinada pela contribuição das alturas manométricas de cada uma das bombas, e são utilizadas em instalações que requerem-se resolver problemas de alturas elevadas e empregadas em condições de alta pressão ou quando se requer grandes mudanças de altura manométrica. As bombas utilizadas podem ser iguais ou diferentes. (ALÉ, 2011).

✓ **Em paralelo:** segundo ALÉ (2011), a associação de bombas em paralelo é a utilizada em sistemas onde se requer aumentar a vazão e tendo flexibilidade em relação à demanda, podendo conectar ou desligar unidades em funcionamento:

✓ Devido à existência de perdas de carga, a vazão resultante da associação de bombas em paralelo é igual a soma algébrica da vazão de cada uma das bombas funcionando isoladamente.

- ✓ Devem se utilizar bombas iguais e idênticas para evitar recirculação de correntes desde a bomba de maior potência para a de menor potência;
- ✓ Bombas de aspiração dupla ou entrada bilateral trabalham como bombas em paralelo.

Altura Manométrica da Instalação

É definida como sendo a altura geométrica da instalação mais as perdas de carga ao longo da trajetória do fluxo. (MELLO & YANAGI, s/d).

Altura manométrica da bomba

É a altura máxima que a bomba consegue elevar o fluido. A altura de elevação ou altura manométrica representa a quantidade de energia específica (potência útil por unidade de peso do fluido em escoamento) que a bomba transfere ao fluido do trabalho. (ALÉ, 2011).

Altura estática de aspiração (ou altura estática de sucção)

É a diferença de cotas entre o nível do centro da bomba e o da superfície livre do reservatório de captação. (MACINTYRE, 1997).

Altura de sucção é a distância em metros, do nível dinâmico da captação ou entre o tubo de sucção até a boca de entrada da bomba. (ALÉ, 2011).

Altura geométrica é a distância vertical da bomba ou do ponto de abastecimento até a entrada de aspiração pela bomba. (ALÉ, 2011).

Água de rega é a água captada, bombeada, recalçada e aduzida por um sistema, com a finalidade de regar as culturas.

Captação é o conjunto de estruturas e dispositivos construídos ou montados junto a fonte para a tomada de água bruta, destinada a um sistema de abastecimento. (MACINTYRE, 1997).

Cavitação é um fenômeno semelhante à ebulição, que pode ocorrer na água durante um processo de bombagem, provocando estragos, principalmente no rotor e palhetas, e é identificado por ruídos e vibrações. Para evitar tal fenômeno, devem-se analisar o $NPSH_{requerido}$ e o $NPSH_{disponível}$ na instalação. (MELLO & YANAGI, s/d).

Estação elevatória é o conjunto de elementos cuja função é de conduzir, ao mesmo tempo de fornecer à água, por meios mecânicos, uma certa quantidade de energia para que ela escoe de um ponto da captação para o outro em nível superior. (MACINTYRE, 1997).

NSPH: é a carga energética líquida (*Net Positive Suction Head*) na instalação, podendo ela ser a requerida ou a disponível. O NPSH, permite avaliar a possibilidade de ocorrência de fenómenos de cavitação no interior da bomba. (MELLO & YANAGI, s/d).

Perdas de carga

Refere-se à energia perdida pela água no seu deslocamento por meio de alguma tubagem. (MELLO & YANAGI, s/d). Estas perdas de energia resultam das tensões de corte desenvolvidas ao longo da conduta devido ao contacto entre a veia líquida e as paredes dos tubos.

Segundo MARQUES & SOUSA (2009), os sistemas hidráulicos sob pressão exigem um conhecimento adequado da avaliação das perdas de carga nas condutas. Quando se estabelece um escoamento no interior de uma conduta, surgem fenómenos que têm como consequência a ocorrência de perdas de energia para o escoamento, podendo ser classificadas em dois tipos: perdas de carga contínuas e perdas de carga localizadas ou acidentais.

✓ **Perdas de carga contínuas:** perdas relativas às perdas ao longo de uma tubagem, sendo em função do comprimento, material e diâmetro. (MELLO & YANAGI, s/d).

✓ **Perdas de carga acidentais ou localizadas:** são as proporcionadas por elementos que compõem a tubagem e são observadas em peças como, curvas de 90° ou 45°, etc. (MELLO & YANAGI, s/d).

Ponto de operação da bomba

É o ponto máximo atingido pela bomba, aquando do aumento da potência de accionamento da bomba e apresentando uma queda nas proximidades da descarga máxima. (ALÉ, 2011).

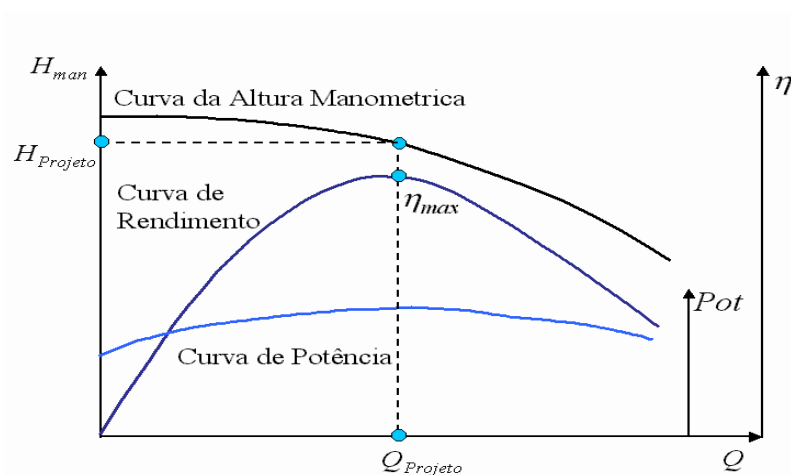


Figura 1. Ponto de operação de bomba centrífuga (Fonte: ALÉ, 2011).

Poço de sucção é uma fonte de captação da água a elevar ao sistema. (MACINTYRE, 1997).

Rega é um processo de fornecimento de água ao solo com o objectivo de melhorar as condições de vegetação das plantas cultivadas. (ALMEIDA, 2004 apud VICENTE, 2015).

2.2.Revisão da Literatura

2.2.1. Tipos de captação de água de rega

A captação da água pode ser utilizando águas superficiais: rios, lagos, nascentes ou represas de águas pluviais e/ou águas subterrâneas: com a construção de furos ou poços, dependendo das condições hidrogeológicas do local do projecto. Existe no mundo a captação da água para a rega num rio e a captação de água para rega através de um canal.

Segundo MACINTYRE (1997), na captação no rio, o nível mínimo a ser considerado no projecto de tomada de água deve estar situado pelo menos 1,0 m abaixo do menor nível de água observado no local da captação. Caso o período de observações simétricas no local de captação seja igual ou superior a 25 anos, aquele valor pode ser reduzido a 0,50 m (vide figura 12 em anexo). O projecto de captação por meio de um canal, (vide figura 13 em anexo) deve ser conduzido por soluções que envolvam o menor custo, sem sacrificar a funcionalidade, por isso, deve-se estudar com antecedência, a velocidade da corrente do rio, natureza do leito de apoio das estruturas por edificar, a vida útil e a flexibilidade física da estrutura. (MACINTYRE, 1997).

Para esta pesquisa, importa referenciar que está em uso a captação da água no leito do rio, visto que é o tipo de captação empregue no RMBI, e mostra-se mais viável. No caso de nível de água mínimo ser considerado inadequado para obras de captação, deve-se prever a construção de uma soleira para elevar o nível da mesma no regadio para que este esteja sempre operacionalizado.

2.2.2. Estação elevatória

A necessidade de transportar a água com a ajuda de uma elevatória ocorre em qualquer sistema de abastecimento de água e sua complexidade tem haver com o tipo de captação a adoptar. É importante que uma estação elevatória tenha uma estação de bombagem, que é a parte responsável pelo abastecimento do sistema de rega, deve por isso, ser cuidadosamente planificado. É graças a este sistema que a água recebe a energia necessária para percorrer toda a rede hidráulica e fornecer convenientemente à todo o sistema. Este sistema é constituído não só por bombas, mas também

por motores, válvulas, tubagens, sensores e componentes electrónicos de controlo. (RAPOSO, 1994 apud VICENTE, 2015).

Bem dimensionado o sistema de bombagem, garante-se água suficiente para satisfazer as necessidades hídricas das culturas, garantindo o crescimento e maturação das mesmas, bem como o bom funcionamento de todo o regadio, garantindo assim, ganhos também a associação dos agricultores, através, de receitas e capacidade financeira de manutenção e satisfação do custo de operacionalização de todo o sistema. Numa estação cuja captação é superficial o sistema de bombagem é composto por: poço e tubagem de sucção, instalação eléctrica, grupo motor-bomba, tubagem de recalque, acessórios diversos e reservatório.

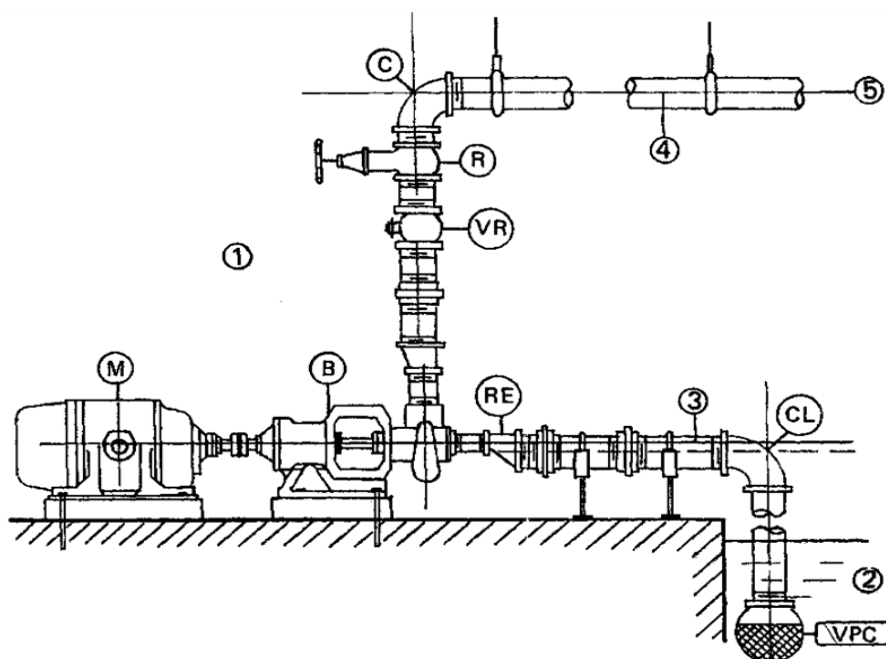


Figura 2. Estação de bombagem (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).

Legenda:

1- Casa de Bombas

M – Motor de accionamento

B – Bomba

2 – Poço (fonte)

3 – Linha de Sucção

VPC - Válvula de pé com crivo

CL - Curva de 90°

4 - Linha de Recalque

VR - Válvula de retenção

R - Registro

C - Joelhos

5 – Reservatório

RE - Redução Excêntrica

O motor a ser utilizar no accionamento de uma bomba da instalação de um sistema de rega pode ser eléctrico ou a combustível, e deve ter potência suficiente para fornecer energia ao rotor da bomba, para que a água percorra uma determinada distância e altura, e que a pressão seja adequada para o correcto funcionamento da bomba. (VICENTE, 2015).

Na disponibilidade de energia eléctrica, é mais preferível o motor eléctrico. Também são muito usados os motores térmicos, de preferência a diesel. Os motores a gasolina só têm justificação para instalações com pequenas potências e para casos de emergência. Este estudo tem em conta o uso de motor eléctrico, pelo tipo de estação em estudo e também pela disponibilidade de corrente eléctrica na zona do estudo.

Bombas Hidráulicas: Classificações

Segundo MELLO & YANAGI (s/d), as classificações mais importantes de bombas hidráulicas são: quanto à trajectória do fluido, quanto ao posicionamento do eixo e quanto a posição da bomba em relação ao nível de água no ponto de captação. A seguir vem a descrição de cada uma dessas classificações:

- **Quanto à trajectória do fluido:**

- a) Bombas radiais ou centrífugas: sua característica básica é trabalhar com pequenas vazões a grandes alturas, com predominância da força centrífuga, são as mais utilizadas actualmente.
- b) Bombas axiais: trabalham com grandes vazões a pequenas alturas.
- c) Bombas diagonais, de fluxo misto: caracterizam-se pelo recalque de médias vazões a alturas médias, sendo um tipo combinado das duas anteriores.

- **Quanto ao posicionamento do eixo:**

- a) Bomba de eixo vertical: utilizada em poços subterrâneos profundos.
- b) Bomba de eixo horizontal: é o tipo construtivo mais usado.

- **Quanto à posição do eixo da bomba em relação ao nível da água:**

- a) Bomba de sucção positiva: o eixo da bomba situa-se acima do nível do reservatório.
- b) Bomba de sucção negativa: o eixo da bomba situa-se abaixo do nível do reservatório.

No RMBI, está instalada uma bomba radial ou centrífuga de sucção posetiva, ou seja, bomba cujo eixo situa-se acima do nível do poço de sucção (reservatório), devido as condições topográficas do terreno onde está situada a zona de captação e o reservatório do regadio em análise e na óptica do autor desta monografia a escolha desse tipo de bomba foi a melhor opção tendo a conta o que a

captação é feita através de um poço de sucção feita à margem direita do rio Incomati sendo essa zona composta por desníveis que a água deve vencer até ao reservatório principal.

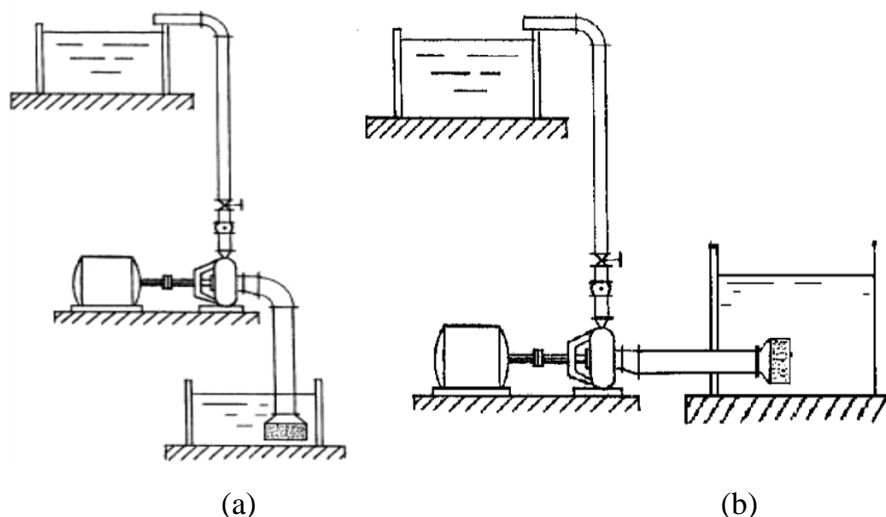


Figura 3. Aspiração positiva (a) e negativa (b). (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).

❖ Dimensionamento de Bombas

A selecção de uma bomba para um projecto, carece do conhecimento profundo sobre do caudal do projecto e da pressão de operação, ou seja, a altura manométrica. Daí que, a seguir são estudadas com mais profundidade essas grandezas:

• Altura Manométrica da Instalação

A bomba deve fornecer à água a energia hidráulica para que possa ser recalçada a uma certa altura de modo a vencer as perdas de carga.

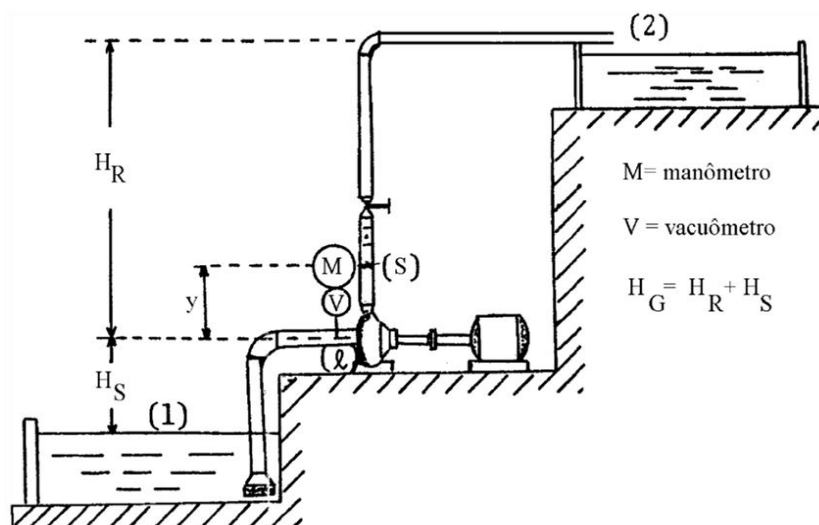


Figura 4. Alturas de sucção e recalque (Fonte: MELLO & YANAGI, s/d).

Matematicamente expressa-se pela fórmula:

$$\mathbf{Hm = HG + Hf} \quad (1)$$

- **Perda de Carga**

Segundo MACINTYRE (1997), além da perda de energia que ocorre ao longo da tubagem, as peças especiais, conexões, válvulas etc., também são responsáveis pela perda de energia, por causarem turbulências, aumentar o atrito e choques entre as partículas.

O cálculo da perda de carga total, faz-se com o método dos comprimentos equivalentes, através de tabelas, convertendo a perda localizada em perda de carga equivalente a um determinado comprimento de tubagem. Matematicamente é calculada pela expressão:

$$\mathbf{Hf_{1-2} = J \times Le} \quad (2)$$

Segundo vários autores, incluindo o desta pesquisa, existem vários métodos para o cálculo de perda de carga unitária, J, ou seja, perda de energia por unidade de comprimento de tubagem, podendo ser determinada por qualquer das fórmulas usuais da hidráulica (Chézy, Bazin, Hazen Williams, Colebrook-White, Manning-Strickler, etc.), escolhendo-se o Método de Hazen-Williams, para esta pesquisa. Matematicamente a perda de carga unitária, J, é calculada pela expressão:

$$\mathbf{J = \left[\frac{4.Q}{0,355 \cdot \pi \cdot C \cdot D^{2,63}} \right]^{1,852}} \quad (3)$$

- **Curvas características**

As condições do funcionamento das bombas podem ser expressas em gráficos, ou seja, em forma de curvas características. O construtor da bomba fornece as curvas características para facilitar, ou seja, facilitar ou fornecer as informações e detalhes da sua bomba, através de catálogos de fabrico de bombas, também chamados diagramas em mosaico ou mosaicos de utilização, que indicam os domínios de funcionamento em boas condições, de um certo conjunto modelo de bombas, consultados quando se pretende escolher bomba para um determinado projecto de rega. Pois, este é o parâmetro principal, crucial e essencial na escolha da bomba para a satisfação de determinada necessidade para a qual a bomba é desejada.

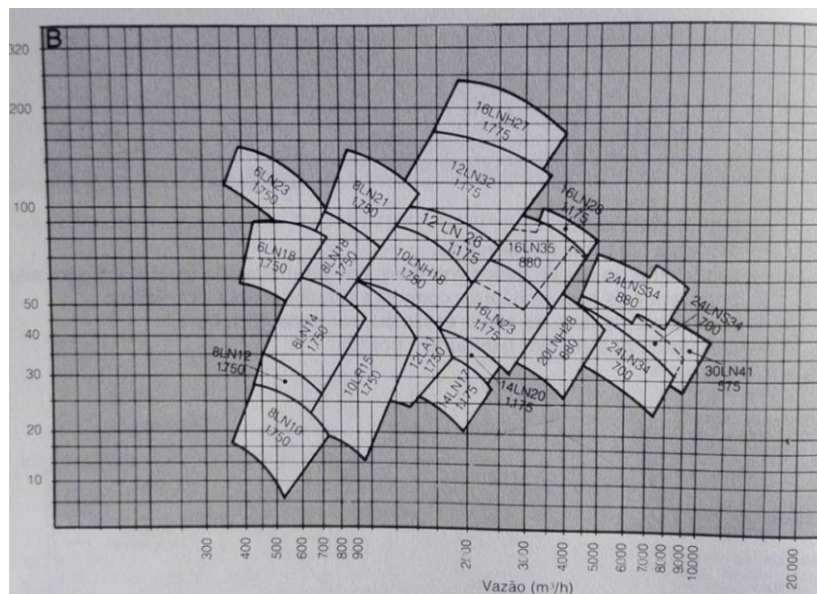


Figura 5. Representação do gráfico de pré-selecção de bombas (Fonte: MACINTYRE, 1997).

- **Curvas Características das Bombas Centrífugas**

Das curvas características das bombas centrífugas, têm-se graficamente as variáveis altura manométrica, rendimento e $NPSH_{requerido}$ em função da vazão. Essas três variáveis caracterizam as condições de funcionamento de uma bomba.

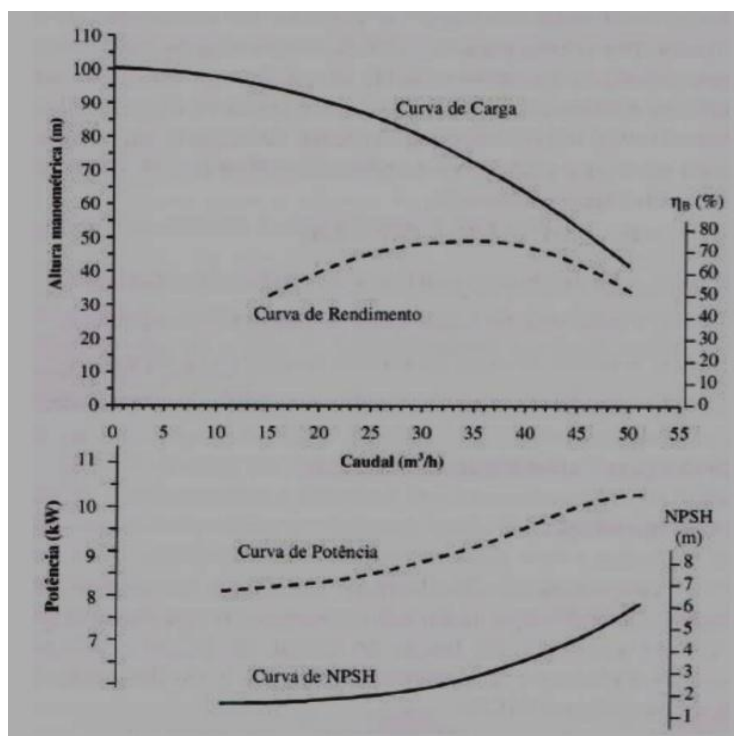


Gráfico 1. Curvas características de bombas centrífugas. (Fonte: MARQUES & SOUSA, 2009).

NPSH requerido e NPSH disponível

O NPSH, deve ser estudado na projecção da instalação, pois depende das condições da zona e da pressão atmosférica do local. Matematicamente é calculada pela expressão:

$$\text{NPSH}_{\text{disponível}} = H_{\text{atm}} - (\pm H_s - H_v + \Delta H_s) \quad (4)$$

A energia disponível na instalação para sucção deve ser maior que a energia requerida pela bomba, isto é, $\text{NPSH}_{\text{disponível}} \geq \text{NPSH}_{\text{requerido}}$. Caso contrário, haverá ebulição durante o bombeamento e uma sucção deficiente no sistema de rega.

Altura máxima de aspiração ou sucção

A altura máxima de sucção pode ser calculada matematicamente pela expressão seguinte:

$$H_{\text{st máx}} = H_{\text{atm}} - \text{NPSH} - H_v + \Delta H_s \quad (4.1)$$

$$H_{\text{atm}} = 10,33 - 0,00108 \times \text{HG} \quad (4.2)$$

- **Curva do Sistema**

A curva do sistema ou curva da tubagem, traça-se no gráfico $H_m \times Q$, determinando o ponto de operação da bomba, obtido no encontro dessa curva com a curva característica da bomba. Para traçá-la, é necessário retornar à definição de altura manométrica, fazendo que a equação 1, tenha a forma $H_m = f(Q)$. Assim, H_f pode também ser definida pela equação:

$$H_f = k \times Q^{1,852} \quad (5)$$

Tendo em conta que:

$$k = \left[\frac{4}{0,355 \times \pi \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,852} \quad (6)$$

ou por outra, basta desmembrar a vazão da equação de Hazen-Williams, da perda de carga unitária e multiplicar o comprimento equivalente.

$$H_m = \text{HG} + K \times Q^{1,852} \quad (7)$$

- **Potência necessária da bomba:** $P_B = \frac{Y \times Q \times H_m}{\eta}$ (8)

Na selecção do motor para accionar uma bomba, deve-se adoptar uma potência ligeiramente superior à potência exigida pela bomba. Usando a equação:

$$P_M = (1 + f_m) \times P_B \quad (8.1)$$

Os factores de majoração, f_m , a adoptar são (MARQUES & SOUSA, 2009):

- ✓ $P_B = 4 \text{ kW} \rightarrow f_m = 30\%$
- ✓ $4 \text{ kW} < P_B = 20 \text{ kW} \rightarrow f_m = 20\%$
- ✓ $P_B > 20 \text{ kW} \rightarrow f_m = 10\%$

❖ Dimensionamento da tubagem

Os tubos podem ser constituídos de diversos tipos de material como: ferro fundido, aço, cimento amianto, betão, aço zincado, alumínio e PVC rígida, etc.

Para este estudo, o autor escolhe o uso de tubos de plásticos PVC de alta densidade, para a viabilidade do projecto. Com a vantagem: de ser um material de fácil manutenção, substituição, soldam-se facilmente e não são corrosivo, alta resistência à intempéries e ambientes agressivos.

• Tubagem de Sucção

Segundo MACINTYRE (1997), a tubagem de sucção, deve ser mais curta possível, admitindo trechos verticais e horizontais, evitando ao máximo peças e acessórios. Deve montar-se:

- ✓ Ralo ou crivo (evitando a entrada de impurezas até a bomba);
- ✓ Curva de raio grande (para mudar a direcção da tubagem de sucção);
- ✓ Válvula de pé (evita o esvaziamento da tubagem e da Bomba no caso da sua paragem);
- ✓ Vacuómetro (para medir o vapor da água na tubagem); e
- ✓ União de redução excêntrica (que serve para unir a tubagem de sucção e evitar a formação de bolsas de ar na curva).

• Tubagem de recalque

Fica entre a saída da bomba e o reservatório elevado ou a cota elevada, e devem ser instaladas as seguintes peças na tubagem de recalque:

- ✓ Válvula de retenção (protege a bomba, evitando que a água mova-se em sentido contrário, de modo a girar a bomba no sentido contrário ao da sua rotação normal);
- ✓ Válvula de seccionamento (interrompe o fluxo durante as manobras de arranque ou paragem da bomba, ou seja, regula o caudal na tubagem);

- ✓ Manómetro (mede as pressões máximas, o desnível geométrico, as perdas de carga e eventuais rupturas ou obstruções na tubagem);
- ✓ Pressostáto (interruptor de comando de arranque e paragem do grupo motor-bomba, protegendo o grupo contra a possível falta de água na sucção);
- ✓ Torneira de purga (montada no ponto alto de acumulação de ar proveniente da tubagem de aspiração, para bombas com saída por cima);
- ✓ Válvula de descarga (para esvaziamento da tubagem, caso seja necessário); e
- ✓ Ventosa (expulsa o ar durante o enchimento ou funcionamento da tubagem).

Segundo MACINTYRE (1997), as velocidades máximas nos tubos de sucção devem ser:

- ✓ Quando o fluxo provém de um poço de sucção em regime uniforme: $v = 1,5$ m/s;
- ✓ Quando o fluxo provém de uma tubagem geral $v = 0,9$ m/s;
- ✓ Velocidade mínima adoptada em qualquer situação nos tubos de aspiração $v = 0,6$ m/s

As velocidades na tubagem de Recalque em função dos diâmetros, (MACINTYRE, 1997):

- Para $D < 300$ mm, $v_{máx}$ (entre 1,0 m/s e 2,65 m/s).
- Para $D > 300$ mm, $v_{máx} = 3,0$ m/s.

Acrescenta AZEVEDO (1998), que o diâmetro na boca de entrada deve ser de 1,5 m/s à 5 m/s podendo se utilizar 3 m/s em média, na saída das bombas podem-se duplicar essas velocidades. E o critério de velocidade económica, mostra-se ser o mais utilizado para escolha de diâmetros de tubagem de recalque pela sua simplicidade e eficiência. Seu valor deve variar de 0,75 a 1,5 m/s.

O autor desta pesquisa é apologista da observação de MACINTYRE (1997), e distancia-se AZEVEDO (1998), pois este último, não explicita em que condições devem ser consideradas essas velocidades, o primeiro deixa claro quando aplicar cada velocidade e em que tipo de captação.

$$Q = \frac{V}{\Delta t} \quad (9)$$

$$Q = A \times v \quad (9.1)$$

Onde para o cálculo da área do tubo, usa-se a forma da secção circular, veja-se:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad (9.2)$$

❖ Reservatório

Numa estação elevatória, o reservatório não desempenha a função de reservatório qualquer, é também acumulador e conversor de energia, situação verificada no RMBI. No reservatório elevado, a energia cinética da água (energia de movimento), fornecida pelo conjunto motor-bomba, se converte em energia potencial (energia de posição).

❖ Factores de influência no funcionamento e avarias nas estações elevatórias

Segundo CHECO (1997), na captação da água feita por bombagem, a receita obtida da taxa de água não é suficiente nem para cobrir os custos inerentes a bombagem da água. O autor desta monografia é apologista da observação de Checo (1997), pois, a falta de recursos financeiros, afecta a manutenção do sistema, colapsando o funcionamento dos regadios, a título de exemplo o RMBI em análise.

Segundo MACINTYRE, (1997), algumas bombas não são capazes de expulsar o ar no seu interior, criando vácuo capaz de permitir a entrada do líquido, no início do funcionamento. Com a presença do ar na bomba, a descarga e a pressão caem imediatamente, podendo a bomba perder a escorva e deixar de recalcar o líquido (a água). Neste caso, numa estação elevatória o conjunto motor-bomba quando funciona e não fornece caudal deve-se:

- ✓ À válvula de cunha na linha de descarga fechada. *Solução*: abertura da válvula.
- ✓ À conduta de compressão (descarga ou recalque) obstruída. *Solução*: paragem do conjunto, desmontagem e desobstrução da conduta.
- ✓ À válvula de retenção presa e não abre. *Solução*: paragem do conjunto motor-bomba desmontagem e reparação e/ou substituição da válvula de retenção.
- ✓ À válvula de pé estragada ou inexistente. *Solução*: substituição por uma nova.

❖ Plano de Manutenção dos Equipamentos

Para que uma estação funcione sem interrupções, de forma saudável e sustentável, deve existir um plano de manutenção dos seus equipamento, pois, uma saudável e adequada operação e manutenção periódica da estação elevatória tem muita e grande importância no seu funcionamento (sem interrupções), durabilidade e vida útil.

Segundo GOULD PUMPS (2020), as superfícies com movimentos relativos (rolamentos, chumaceiras, etc.), devem ser lubrificadas (com óleos e massas) regularmente, conforme as

instruções deixadas pelo fabricante do equipamento, de modo a funcionar com o mínimo de desgaste, ruído e mínimo aquecimento possível.

Deve-se traçar um roteiro geral de manutenção, indicando tudo que deve ser feito diariamente, mensalmente, quinzenalmente, trimestralmente, semestralmente e/ou anualmente. Sendo que os fabricantes do equipamento e aparelhos usados na estação elevatória devem dar um roteiro de manutenção dos mesmos, acompanhado do roteiro de operação. No caso de não existência do plano de manutenção oferecido pelo fabricante do equipamento, sugere-se que se façam as seguintes manutenções:

- **Diárias (de rotina):**

- ✓ Colocação da mão por um tempo sobre motores e bombas para verificar o estado de aquecimento (não devem atingir uma temperatura que a mão não consiga suportar);
- ✓ Estar atento aos ruídos e vibrações do grupo motor-bomba da estação;
- ✓ Verificar as fugas da água na tubagem, nas uniões, nas válvulas e nos bujins; e
- ✓ Controlar periodicamente, as indicações do vacuómetro, manómetro e amperímetro, (no caso da sua existência na instalação)

- **Quinzenalmente:**

- ✓ Aplicação da massa lubrificante nas chumaceiras e rolamentos da bomba; e
- ✓ Manobrar todas válvulas para evitar que fiquem presas ou difíceis de manobrar.

- **Inspeções trimestrais**

- ✓ Verificar se os parafusos da fundação e de fixação estão apertados.
- ✓ Verificar o enchimento se a bomba tiver sido deixada inativa, e substitua se necessário.
- ✓ Trocar a graxa a cada três meses (2000 horas de operação) no mínimo.
- ✓ Verificar o alinhamento do óleo, e alinhe se necessário.

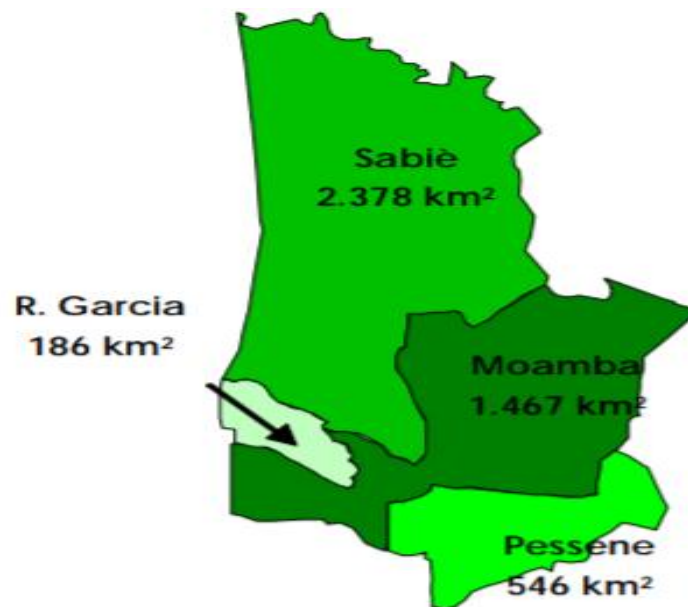
- **Semestralmente:**

- ✓ Verificação dos apertos das encorajes das condutas;
- ✓ Verificar o alinhamento dos veios do grupo motor-bomba do eixo horizontal;
- ✓ Verificar o estado das uniões elásticas do acoplamento dos motores às bombas; e
- ✓ Verificar os apertos dos motores e das bombas na base e apertos da base do pavimento.

- **Anualmente:** desmontar a bomba, fazer a revisão geral e/ou substituir as peças desgastadas (por operadores da bomba ou por meio de uma empresa especializada).

Tabela 1: Divisão Administrativa do Distrito de Moamba. (Fonte: MAE, 2005: AD)

Posto Administrativo	Localidades
Moamba-Sede	Moamba-Sede
Ressano Garcia	Ressano Garcia
Pessene	Pessene-Sede, Mahulane, Vundica
Sabié	Sabié, Rengué, Macaene, Malengane, Mutunganhane

**Figura 7.** Divisão administrativa do distrito da Moamba.(Fonte: MAE, 2005 : AD).

3.1.3. Descrição do Ambiente Biofísico

- **Clima**

Na zona de Moamba, a temperatura média anual oscila um pouco acima de 24° C, os valores médios anuais da humidade relativa do ar rondam entre 65 a 70%. O clima da região onde se localiza o regadio pode ser considerado como semiárido seco, existem apenas duas estações distintas, uma de temperaturas elevadas e de pluviosidade acentuada, o verão, e outra de temperaturas baixas e seca, o inverno. Segundo INIR (2017), dados da Estação Agroclimática, a precipitação média anual é de 587,3 mm, com os meses mais húmidos ocorrendo entre Outubro e Abril, e a evapotranspiração de referência média anual é cerca de 1500 mm.

Tabela 2 Estação agroclimática de Moamba (Fonte: INIR, 2017)

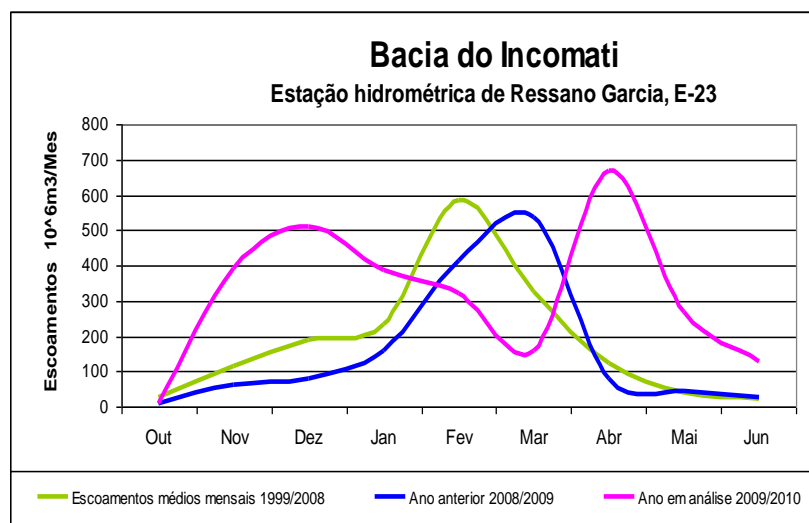
Estação Agroclimática de Moamba Latitude 25.36S Longitude: 32.14E Altitude: 110m													
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Annual
P (mm)	125.8	96.7	59.9	49.3	15.5	13.6	5.5	9.2	24	46.2	60.8	80.8	587.3
T-média (°C)	27.4	27	26.7	24.8	21.4	19	19	28.8	23	24.6	25.7	26.8	23.9
T-máxima (°C)	34.1	33.3	33.1	31.4	29.1	27.2	27.3	29	30.6	31.9	32.8	33.9	31.1
T-mín (°C)	29.6	29.7	20.4	18.3	13.8	10.9	19.7	12.7	15.7	17.3	18.6	19.7	16.6
T-dia (°C)	29.7	29.2	29	27.2	24.3	22	22	23.8	25.8	27.2	28.2	29.2	26.5
T-noite (°C)	24.4	24.4	24.4	22.6	19.1	16.7	16.6	18.2	20.5	21.7	22.6	23.6	21.2
Ed (mbar)	24.5	24.6	23.8	21	16.6	14.1	14.3	15.3	17.6	20.1	21.5	23.6	15.8
RH-media%	67	69	68	67	65	64	65	62	62	65	65	67	65.5
U (m/sec)	2	2	1.8	1.9	1.9	2	2	2	2.3	2.3	2.2	2	2
n/N (%)	55	60	60	60	77	80	80	75	75	60	55	55	66
ET-Penman(mm)	170.3	143	136.4	109.1	89.6	74	79.2	105.9	131.5	154.3	162.4	172.6	1,528.30

- **Vegetação**

Segundo MARQUES & SÁ (1976), a zona onde está localizado o Bloco I era ocupada por formações de savana e matagais de espinheiras com acácias arábicas, trepadeiras suculentas, estrato Graminoso com domínio de *Panicum maximum* e abunda vegetação herbácea nos coluviões.

- **Hidrologia**

O distrito de Moamba insere-se na bacia hidrográfica do Rio Incomati. A bacia é partilhada entre Moçambique, Eswatini e África do Sul. A bacia tem 46 750 Km² de área total dos quais 5,5% na actual República de Eswatini, 33.2 % em Moçambique e 61.3 % na África do Sul.

**Gráfico 2.** Escoamentos na Estação Hidrométrica de Magude (Fonte: DNA, 2010).

As principais sub-bacias são Komati, Crocodile e Sabié que contribuem com 94% da descarga natural de água. O escoamento anual médio do rio estima-se em cerca de 2 933 Mm³/ano na foz (FDA-Impacto Lda, 2018). O escoamento em período de estiagem é estimado em 20x10⁶ m³/Mês e em épocas chuvosas próximo dos 600x10⁶ m³/Mês a 700x10⁶ m³/Mês.

3.1.4. Actividades Económicas

- **Actividade Agrícola**

A agricultura de sequeiro é a mais praticada, envolve na sua maioria o sector familiar com pequenas explorações em áreas inferiores a 1 ha, sendo principais culturas: o milho, amendoim, feijão-nhemba, abóbora, cana-acarina, batata-doce, batata-reno e a mandioca. As principais culturas praticadas nos regadios são a batata, o tomate, repolho, milho, pimento, feijão, alho, cebola e outras hortícolas. (FDA-Impacto Lda, 2018).

- **Acção da areia**

Ao longo do Rio Incomati, em particular nas imediações do regadio, ocorre extracção de inertes (areia grossa do rio) destinados à obras de Construção Civil. Esta actividade tem sido criticada por diversos sectores devido aos desequilíbrios que pode causar ou causam na dinâmica fluvial do rio Icomati. Os leitos dos rios são dinâmicos e respondem rapidamente aos estímulos externos, incluindo a extracção de areia. (FDA-Impacto Lda, 2018).

3.1.5. Regadio da Moamba Bloco I

Concepção, Localização e Descrição

Foi feita a reabilitação do regadio no ano de 1991 pela Comunidade Económica Europeia no âmbito do Projecto de Desenvolvimento Rural Integrado, porém, se desconhece o ano da sua concepção. O RMBI tem uma área de cerca de 355 hectares, localiza-se na margem direita do Rio Incomati, a 5 km da Vila Sede de Moamba, na zona do Destacamento Feminino pertencente ao Posto Administrativo da Moamba e à Localidade Sede de Moamba. (FDA-Impacto, Lda, 2018).

Funcionamento

Segundo FDA-Impacto, Lda (2018), o regadio era dirigido pela Associação de Regantes. Surgiu em 1993 e legalizada em 1999, com 123 membros, dos quais 64 são homens e 59 mulheres, pagando uma taxa de 1.000 meticais mensalmente pela água.

Captação

Actualmente, a captação é feita a partir de um poço de captação feito à margem direita do leito do rio, por meio de tubagem com recurso à uma electrobomba centrífuga com 150 l/s de caudal, tubo de ferro fundido, com 200 e 150 mm de diâmetro de sucção e recalque respectivamente.



Figura 8. Captação (A) e a electrobomba (B) actualmente em funcionamento (Fonte: Autor).

Armazenamento

Segundo SITOIE (2003), o reservatório principal tem formato circular, capacidade 15.000 m³ de volume. Construído com revestimento em terra e pedras no interior.



Figura 9. Reservatório Principal (Fonte: Autor).

3.2. Tipo de pesquisa

Quanto à área da ciência

Esta pesquisa quanto à área da ciência, classifica-se como sendo uma pesquisa prática. Pois, a pesquisa propõe uma intervenção directa na área de irrigação do RMBI. Segundo LAKATOS & MARCONI (2007), as pesquisas práticas se propõem a intervir na realidade em que se investiga.

Quanto à natureza

Quanto a natureza esta pesquisa classifica-se como um trabalho científico. Trata-se de uma pesquisa realizada pela primeira vez, com tendências de contribuir com novas conquistas e descobertas para a evolução do conhecimento científico (LAKATOS & MARCONI, 2007).

Quanto aos procedimentos

Esta pesquisa quanto aos procedimentos foi com base em documentação directa. A documentação directa constitui-se, em geral, no levantamento de dados no próprio local onde os fenómenos ocorrem e podem ser obtidos de duas maneiras: pesquisa de campo ou pesquisa de laboratório. Neste estudo, fez-se a pesquisa de campo, aquela utilizada com o objectivo de conseguir informações e/ou conhecimentos acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou uma hipótese, que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenómenos. Consiste na observação de factos e fenómenos tal como ocorrem espontaneamente, na colecta de dados a eles referentes e registo de variáveis que se presumem relevantes. (TRUJILLO, 1982).

Quanto à forma de abordagem

Quanto à forma de abordagem a pesquisa é Quantitativa - Descritiva. A pesquisa Quantitativa - Descritiva: consistem em investigações de pesquisa empírica cuja principal finalidade é o delineamento ou análise das características de fatos ou fenómenos, a avaliação de programas, ou o isolamento de variáveis principais ou chave. Qualquer um desses estudos pode utilizar métodos formais, que se aproximam dos projectos experimentais, caracterizados pela precisão e controle estatísticos, com a finalidade de fornecer dados para a verificação de hipóteses. Todos eles empregam artifícios quantitativos tendo por objectivo a colecta sistemática de dados sobre populações, programas, ou amostras de populações e programas. (TRIPODI, et al., 1975).

Quanto aos objectivos

Esta pesquisa quanto aos objectivos é exploratória. Segundo TRIPODI, et al., (1975), pesquisas de carácter exploratórios, são investigações de pesquisa empírica cujo objectivo é a formulação de

questões ou de um problema, com tripla finalidade: desenvolver hipóteses, aumentar a familiaridade do pesquisador com um ambiente, facto ou fenómeno, para a realização de uma pesquisa futura mais precisa ou modificar e clarificar conceitos. Este tipo de pesquisa faz o levantamento bibliográfico ou entrevistas e pode ser uma pesquisa bibliográfica ou estudo de caso, acrescenta RODRIGUES (2007). Para o caso desta pesquisa se fez o levantamento bibliográfico e estudo do caso.

3.3. População e Amostra

Na pesquisa optou-se pelo método de Amostragem Probabilística, por ser um tipo de amostragem onde cada elemento da população pode ser seleccionado para compor a amostra e tem uma chance conhecida, diferente de zero. Uma amostra dita probabilística significa que o pesquisador tem controle sobre o erro amostral da pesquisa. (MATTAR, 2001, apud OLIVEIRA, 2011).

A província de Maputo, conta com sete regadios: Massaca e Mafuiane (Boane), Bloco I e II (Moamba), Sábie, Cooperativa 25 de Setembro e Associação Força do Povo. (CHECO, 1997).

A população da pesquisa são os regadios da província de Maputo e a amostra é o Bloco I.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolha de dados

Recorreu-se ao levantamento dos dados através de fotografias, observações no local de pesquisa no período de três meses e através da seguinte lista de verificações (observação). Utilizaram-se os seguintes instrumentos: fita métrica (20 m); Esferográfica; Telemóvel, papel A4 e Computador.

Tabela 3: Lista de verificações da Estação Elevatória do RMBI. (Fonte: Autor).

Ítem	Situação	Observação	Ítem	Situação	Observação
1	Válvula de pé não existe	-----	8	Válvula de secção existe	Operacional
2	Crivo não existe	-----	9	Válvula de descarga existe	Operacional
3	Manómetro não existe	-----	10	Altura geométrica 16 m	Operacional
4	Aspiração Hs = 2 m	Operacional	11	Potência da Bomba 75 kW	Operacional
5	Tubo de sucção 200 mm	Operacional	12	Válvula de retenção existe	Operacional
6	Tubo de recalque 150 mm	Operacional	13	Torneira de purga não existe	-----
7	Bomba Hm=37,4m Q = 150 l/s	Operacional	14	Medidor do caudal não existe	-----
		Operacional	15	Pressostato não existe	-----

3.5. Procedimentos para análise de dados

Segundo BARDIN (1977), no seu pensamento conceitua análise de conteúdo como: um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando a obter, por procedimentos, sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo de mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção ou recepção dessas mensagens.

Existem segundo vários autores, diversas técnicas e procedimentos de análise de dados que podem ser utilizadas em pesquisas de natureza qualitativa ou quantitativa. É possível concluir que todos os meios que se usam na investigação quantitativa podem ser empregues também na pesquisa qualitativa. Assim, o que varia é a natureza: dá-se atenção especial na pesquisa qualitativa ao mesmo observador e às anotações de campo de estudo, o que não ocorre na pesquisa quantitativa. Para o sucesso desta pesquisa, pautou-se pela implementação dos dados através do seu processamento e análise, tendo usado os softwares Microsoft Word para a produção de textos, Microsoft Excel para a produção tabelas, ARCHICAD para ilustrações, esquematizações e cálculos através da máquina científica.

3.6. Considerações éticas da pesquisa

A finalidade desta pesquisa é a de produção de Monografia científica, pelo que é o requisito parcial para a obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia de Construção Civil. Comprometeu-se a não manipulação nem alteração dos dados, evitando a prática de actos ilícitos. A visão ética da pesquisa se dedicou a direccionar tamanha potencialidade para o bem comum da sociedade, no sentido mais preciso de, primeiro evitar que os meios se tornem fim, segundo que se discutam não só os meios, mas também os fins e, terceiro, assegurar que os fins não justifiquem os meios. (PRODANOV & FREITAS, 2013).

CAPÍTULO IV: ANÁLISE DOS DADOS, INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

❖ Captação e Sucção.

Segundo a DNA (2010), a estação hidrométrica de Magude no tempo de estiagem tem o caudal do rio de $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{Mês}$, correspondente a um caudal de estiagem de $7,720 \text{ m}^3/\text{s}$ (vide cálculos em apêndice). Foram analisados esses dados da estação, tendo se verificado que, o rio possui o caudal suficiente para uma disponibilidade de água para rega na sucção, naquele ponto de captação do RMBI, sendo que o caudal a ser captado para rega é de $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$.

Na sucção, encontra-se instalada uma tubagem de ferro fundido com 200 milímetros de diâmetro (vide figura 11, imagem A), não há crivo, o que permite a entrada de detritos sólidos e impurezas na bomba obstruindo a tubagem de recalque, e nem há válvula de pé, o que dificulta o esvaziamento da tubagem e da bomba no caso da sua paragem. O autor desta pesquisa apoiando-se a MACINTYRE (1997), afirmando que, essa é a causa que faz o conjunto motor-bomba funcionar sem fornecer caudal ao sistema. Como medida de mitigação deve-se parar a operacionalização do sistema, desmontar e desentupir o propulsor da bomba e em seguida montar um crivo, para impedir a entrada de detritos sólidos e impurezas na bomba que obstruem a tubagem de recalque, e montar uma válvula de pé, para permitir o esvaziamento da tubagem e da bomba no caso da sua paragem.

Feita a verificação da velocidade no tubo de sucção, resultou em $v_{\text{sucção}} = 4,78 \text{ m/s} > v_{\text{máx}} = 1,5 \text{ m/s}$ (vide cálculos em apêndice), não se verificou a velocidade máxima de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ recomendada por MACINTYRE (1997). Não usaram-se outros critérios de velocidade, a título de exemplo, o de AZEVEDO (1998), pois não especifica para que tipo de captação e quando usá-las, ao passo que, o primeiro autor especifica e, a captação para o caso em análise é feita em poço de sucção. Feito o redimensionamento, chegou-se a um resultado de que a tubagem de sucção deve ter um diâmetro de 350 milímetros (vide cálculos em apêndice), sendo que, no novo dimensionamento usou-se como material o tubo plástico PVC, pela sua disponibilidade no mercado, sem prejuízo de corrosão e fácil manutenção durante o funcionamento do sistema.

❖ Estado actual de recalque, reservatório principal e casa de bombas

Actualmente, o recalque é feito através de uma tubagem de ferro fundido com diâmetro de 150 milímetros, na verificação da velocidade máxima na tubagem de recalque de acordo com a

condição para $D < 300$ mm, $v_{m\acute{a}x} =$ (entre 1,0 m/s e 2,65 m/s) de MACINTYRE (1997), constatou-se que, $v_{recalque} = 8,49$ m/s $> v_{m\acute{a}x} = 2,65$ m/s, desta forma, redimensionou-se a tubagem de recalque com o uso de tubo plástico de PVC tendo resultado num diâmetro de 300 milímetros (vide cálculos em apêndice).

Numa primeira fase, uma vez que a troca das condutas acarreta custos e despesas de mão-de-obra, o prático a se fazer, é continuar a usar a tubagem instalada, todavia, instalando o rale ou crivo na sucção para evitar a entrada de impurezas na tubagem, instalar a válvula de pé para evitar o esvaziamento da tubagem e da bomba no caso da sua paragem, criando assim condições mínimas para que a operacionalização da estação elevatória tenha menos paragens .

Segundo SITOE (2003), o reservatório principal, o único operativo no momento, possui uma capacidade de armazenamento de 15.000 m³ de volume.

Bomba

A bomba actualmente instalada no regadio é trifásica, da marca KSB com caudal de 540 m³/h correspondente a 150 l/s também igual à 0,15 m³/s, com um motor cuja potência é de 75 kW e possui uma altura manométrica de 37,5 m, altura geométrica de 16 m e instalada a uma altura de aspiração de 4 m.

Os dados obtidos pelo redimensionamento da bomba do sistema resultaram em 46,96 kW de potência da bomba e 51,7 kW de potência do motor da bomba, uma altura manométrica de 23,48 m e altura máxima de aspiração de 18,16 m . Os resultados do redimensionamento são menores que os da bomba instalada, isto mostra claramente que, a bomba instalada, é adequada ao sistema e não há necessidade ou não é imperioso trocá-la com urgência, caso haja problemas financeiros nos cofres do regadio ou do SDAE para a aquisição de uma nova bomba.

A verificação feita na tubagem de sucção e de recalque, levou ao autor desta monografia científica, a firmar que, a bomba instalada no RMBI, está a funcionar de forma esforçada. A solução para a mesma funcionar adequadamente no sistema, é a troca das tubagens para os diâmetros maiores, aqui calculados (vide cálculos em apêndice) e uma revisão geral da bomba, em uma oficina ou empresa especializada.

Fazendo a seguinte verificação: $NPSH_{\text{disponível}} = 7,0 \text{ m} > NPSH_{\text{requerido}} = 6,5 \text{ m}$, tem-se que, a bomba não cavita e altura máxima de aspiração ou sucção resultou em 4 m e a bomba instalada encontra-se a uma altura de 2 m acima do nível médio das águas do mar.

Segundo ALÉ (2011), a associação de bombas em paralelo é a utilizada em sistemas onde se requer aumentar a vazão e tendo flexibilidade em relação à demanda, podendo conectar ou desligar unidades em funcionamento. Seguindo este pensamento do autor, a instalação de uma outra bomba (para que funcionem em paralelo), com as mesmas capacidades e características, fazendo a conjugação da curva do sistema e curva da bomba, é uma estratégia ótima para facultar a manutenção e reparos, pois, em casos de avaria de uma das bombas, outra estará para intervir positivamente no funcionamento do RMBI. Ou, em casos necessários podem ser ligadas as duas em simultâneo para o aumento de fornecimento do caudal ao reservatório principal e consequentemente aos canais principais, canais e campos de rega secundários, reduzindo, assim, o tempo de bombagem e enchimento do reservatório, apesar de acarretar custos adicionais de energia eléctrica.

❖ **Plano de Manutenção do Equipamento**

A manutenção é como qualquer outra actividade, parecendo que não, muito importante e necessária para a saúde e tempo de vida de uma estação elevatória de um dado sistema de abastecimento de água para a rega, não obstante seguem-se as dicas de efectivação da mesma:

- ✓ Deve-se fazer uma manutenção preventiva de rotina e periódicas nos equipamentos da estação elevatória do sistema do RMBI, seguindo o mapa de manutenção (Vide a tabela 8. MANUTENÇÕES em apêndices), elaborado pelo o autor desta monografia científica;
- ✓ Devem ser paralisadas as máquinas na totalidade para a efectivação das manutenções periódicas e inspecção todos os órgãos do sistema, sendo mais aconselhável fazer-las num dia em que não sejam desenvolvidas actividades de rega no regadio, e da experiência vivida com a direcção, o melhor dia para essas inspecções e manutenções é o domingo.
- ✓ Como forma de controlo do funcionamento eficaz e das manutenções, apresenta-se uma ficha ou guia de controlo (vide tabela 7. Operação da estação elevatória, apresentada em apêndice), como forma de obtenção de dados históricos de funcionamento do sistema, e como uma grande medida para facilitar a identificação e soluções de problemas ou avarias durante o funcionamento e/ou operacionalização da estação elevatória.

CAPÍTULO V: CONCLUSÕES, RECOMENDAÇÕES E SUGESTÕES

5.1. Conclusões:

Apesar da precipitação imprevisível na zona da Moamba, faz-se uma leitura do gráfico de escoamentos hidrométricos na bacia de Incomati (vide Gráfico 2. Escoamentos na Estação Hidrométrica de Magude), com caudal do rio no valor estimado de $20 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{Mês}$ no tempo de estiagem, correspondente a um caudal de $7,720 \text{ m}^3/\text{s}$, e constatou-se que mesmo em época de seca existe disponibilidade do caudal de rega para este regadio.

A ausência do crivo ou ralo no sistema, permite a entrada de detritos sólidos e impurezas na bomba obstruindo a tubagem, devendo-se paralisar, desmontar a bomba e desentupir o propulsor e em seguida montar um crivo para que efeitos do género não voltem a ocorrer, notou-se também a ausência da válvula de pé para evitar o esvaziamento da tubagem e da bomba no caso da sua paragem, pois, associados esses factores, causa-se a falta de caudal na estação de elevação em análise, em pleno funcionamento da bomba, devendo se montar a válvula de pé.

Sucção

- O poço de sucção oferece condições para ser explorado, na sucção, encontra-se instalada uma tubagem de ferro fundido com 200 milímetros de diâmetro externo, feita a verificação da velocidade e o redimensionamento, chega-se a um resultado de que a tubagem de sucção deve ter um diâmetro de 350 milímetros, sendo que, no novo dimensionamento usou-se como material o tubo plástico PVC, pela sua disponibilidade no mercado e sem prejuízo de corrosão e fácil manutenção. Os diâmetros das tubagem instalado, fazem com que, o grupo motor-bomba se esforce muito durante o funcionamento e/ou operacionalização das actividades de bombagem no regadio.

- Seria melhor a instalação de mais uma bomba radial (para que sejam duas) ou centrífuga de sucção positiva, ou seja, bomba cujo eixo situa-se acima do nível do poço de sucção, devido as condições topográficas do terreno onde está situado o regadio, devendo serem associadas em paralelo para que no caso de avaria de uma ou manutenção, a outra bomba permaneça em funcionamento, evitando assim a paragem total de funcionamento do sistema e das actividades de rega, devendo ter mesma potência e caudal, mesmas capacidades da já instalada no sistema de elevação do RMBI. Se for de capacidades superiores das exigidas pelo redimensionamento deverá ser substituída a já existente.

- Uma estação elevatória completa deve ter na tubagem de sucção: ralo ou crivo, curva de raio grande, válvula de pé, vacuómetro, união de redução excêntrica, e nem todos esses acessórios se verificam no RMBI.

Recalque

- Há necessidade de se trocar a tubagem de recalque para tubo de plásticos PVC de alta densidade com diâmetro de 300 mm, como diâmetro de saída da bomba contra os 150 mm de ferro fundido empregues no momento, para aliviar o grupo motor-bomba da estação.
- Há ausência de instrumentos de medição do caudal de rega. Há ausência do manómetro de pressão e vacuómetro, dificultando o conhecimento da pressão hidrostática e do ar no sistema.
- Na tubagem de recalque deve haver: válvula de retenção, válvula de seccionamento, Válvula de descarga, manómetro, medidor do caudal, pressostato, torneira de purga, ventosa. No RMBI tem apenas válvula de retenção, válvula de seccionamento e válvula de descarga.

Casa de bomba

- Uma vez que a casa da bomba não está em condições para albergar o grupo motor-bomba, há necessidade de remodelar ou requalificar com material convencional, fazendo-se um pavimento de betão para garantir a fixação da bomba e para evitar a cedência desde conjunto. (vide figura 10. Proposta da casa das bombas, em apêndices).

Reservatório

- Tratando-se de um reservatório aberto, passar a encher-se só nos dias que se pretende fazer a rega para evitar a perda de água por infiltração, é uma boa estratégia, pois, o reservatório deste ragadio foi construído com solo e pedra, evitaria assim, também o gasto da energia de bombagem.

Plano de Manutenção do equipamento do sistema

- Deve-se fazer manutenção e reparação do sistema de elevação do RMBI, pelos técnicos hidráulicos e segundo a guia de manutenções (Vide a tabela 8. MANUTENÇÕES em apêndices) proposta pelo autor desta monografia científica.

Na seguinte pesquisa, todas as hipóteses colocadas foram válidas e verificadas. A pesquisa não faz menção do orçamento dos materiais, mas sim, apenas as soluções técnicas do problema levantado.

5.2. Recomendações, Sugestões e Limitações da Pesquisa

Limitações da pesquisa:

A realização da presente pesquisa, não obstante o rigor científico que se propôs perseguir, observou limitações em termos de instrumentos e métodos de recolha de dados no RMBI. Assim, podem-se enumerar os seguintes empecilhos:

- ✓ Dificuldades de fornecimentos de informação sobre o projecto original do RMBI.
- ✓ Falta de auxílio na colheita de dados por parte dos responsáveis do RMBI.
- ✓ Não contacto directo com o projecto original da era da sua construção e reabilitação.
- ✓ Ausência de instrumentos para a medição do caudal e pressão no RMBI.

Recomendação para estudos futuros:

- ✓ Monitoria periódica do caudal, do tempo de rega e mão-de-obra qualificada para operacionalização da estação elevatória e do regadio no geral;
- ✓ Sendo um reservatório aberto, deve-se fazer a reavaliação das horas de funcionamento da bomba e as horas de rega, pois, havendo um período permanente de rega, não é imperioso que o reservatório esteja sempre cheio, para evitar infiltrações e evapotranspiração);
 - ✓ Estudar-se mecanismos para o accionamento automático da bomba;
 - ✓ Colocação de crivo e válvula de pé na sucção;
 - ✓ Construção da casa da bomba com material convencional (vide Figura 10 em apêndice); e
 - ✓ Trocar o material da tubagem e diâmetro de sucção e recalque para a garantia da velocidade ideal dentro das tubagens;

Sugestões:

- ✓ Construção um canal de entrada de água de betão e melhoramento do poço de sucção;
- ✓ Substituição da bomba por duas bombas recentes, para a garantia da fácil manutenção e reparação em caso de avarias;
 - ✓ Colocação de manómetros para medição e controlo da pressão e vacuómetro para a medição do ar na tubagem do sistema;
 - ✓ Montagem de Pressostáto, comando de arranque e paragem do grupo motor-bomba;
 - ✓ Colocação de ventosas de efeito duplo para permitem a saída ou entrada de ar no sistema de tubagem aquando do enchimento ou drenagem dos tubo.

BIBLIOGRAFIAS

- AZEVEDO NETTO, J.M.; ALVAREZ, G. A. *Manual de hidráulica*. 8ª ed. Vol. 1. Edgad Blucher Lda. Brazil: São Paulo. 1998.
- ALÉ, Jorge A. Villar. *Fluidomecânicos: Sistemas de Bombeamento*. Porto Alegre. Marco 2010.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Edições 70. Lisboa. 1977.
- CHECO, António Joaquim. *Organização dos Regantes e Gestão de Água nos Regadios da Província de Maputo*. Tese de Licenciatura. Universidade Eduardo Mondlane – UEM. Maputo. Dezembro de 1997.
- DOMINGOS, Almeida. *Principais Técnicas da Produção Agrícola*. Escola Superior de Biotecnologia – Universidade Católica Portuguesa. 2004.
- DIAS VICENTE, Sara Leitão. *Projecto de um sistema de rega para uma exploração agrícola na Beira Interior*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 2015.
- FDA-Impacto Lda. Relatório do Estudo de Impacto Ambiental : *Projecto de Reabilitação do Bloco I do regadio da Moamba, província de Maputo*. Volume I. Resumo não técnico. 2018.
- GOULD PUMPS. Manual de instalações, operação e manutenção. (2020).
- INIR. Macamo, C., Macuacua, C., Cheveia, E., Inhamussua, J., Munguambe, N., Mondlane, O., Cossa, T., *Projecto executivo para a reabilitação do regadio do Bloco I da Moamba*. Maputo: Instituto Nacional de Irrigação: Ministério da Agricultura. 2017.
- INE. *III Recenseamento Geral da População e Habitação 2007, Indicadores Sócio demográficos Distritais*. Maputo Província. 2012.
- INE. *Divulgação dos Resultados Preliminares*. IV. 2017.
- JURRIENS, R. e K. De JONG. *Irrigation Water Management. a Literature survey*. ILRI e DISWC. 1989.
- KASSAM, A.H. *Assessment of land resources for rainfed crop production in Mozambique. Climatic data bank and length of growing period analysis*. FAO/AGOA: MOZ/75/011. 1981.
- LAKATOS, Eva M. e MARCONI, Marina de A. *Técnicas de pesquisa*. 3 ed. São Paulo: Atlas. 1996.

_____. *Fundamentos de Metodologia Científica*. 5 ed. São Paulo: Atlas. 2003.

_____. *Metodologia do Trabalho Científico*. 4 ed. Atlas, São Paulo. 2007.

MALHOTRA, N. *Pesquisa de marketing*. 3ª edição. Porto Alegre: Bookman. 2001.

MATTAR, F. N. *Pesquisa de marketing*. 3ª edição. São Paulo: Atlas. 2001.

MAE. *Perfil do Distrito da Moamba, Provincia de Maputo*. Edição 2005.

MACINTYRE, Archibald Joseph. *Bombas e Instalações de Bombeamento*. 2. ed. revista. Rio de Janeiro. 1997.

MARQUES, J. A. de S., Sousa, J. J. *Hidráulica Urbana. Sistemas de Abastecimento de Água e de Drenagem de Águas Residuais*. 2.ed. Imprensa da Universidade de Coimbra. 2009.

MARQUES, M e SÁ, A, Solos da Província de Maputo (parcial), Instituto Nacional de Investigação Agronómica (INIA) Comunicação n ° 3. Moçambique, Maputo. 1976.

MABOTE, Moisés. *Manual de Operação e Manutenção: ABASTECIMENTO DE ÁGUA A MAHUBO*. 2000.

PRODANOV, C. C., FREITAS, E. C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Académico*. 2. ed. Nova Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RODRIGUES, William C. *Metodologia científica*, FAETEC/IST , Paracambi. 2007.

MELLO, Carlos Rosário. E YANAGIR Jr, Tadayuki. *Escolha de bomba centrifugas*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Departamento de Ciências Exactas da Caixa Postal 37, Campus Universitário, Lavras, MG, 37.200-000. S/d.

SITOE, Isabel Celeste da Média. *Análise económica da agricultura no distrito da Moamba*. Tese de Licenciatura. UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE. Maputo. 21 de Julho de 2003.

TRIPODI, Tony et al. *Análise da pesquisa social: directrizes para o uso de pesquisa em serviço social e em ciências sociais*. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1975.

TRUJILLO FERRARI, Alfonso. *Metodologia da ciência*. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy. 1982.

_____. *Metodologia da ciência*. 3. ed. Rio de Janeiro: Kennedy. 1974.

Apêndices e Anexos

APÊNDICES

Tabela 4. Constante C, de Hazen-Wiliams (Fonte: MACINTYRE, 1997).

Material	valor de C
Aço galvanizado	125
Aço soldado, novo	130
Aço soldado em uso	90
Cimento amianto	140
Ferro fundido, novo	130
Ferro fundido com revestimento de cimento	140
Ferro fundido após 15-20 anos	100
Ferro fundido, mais de 20 anos	90
Plástico PVC	140
Aço soldado com revestimento especial	130

❖ Caudal do rio em tempos de estiagem

$$Q = \frac{Vt}{\Delta t} \rightarrow Q = \frac{20 \times 10^6}{1 \times 30 \times 24 \times 3600} \rightarrow Q \cong 7,720 \text{ m}^3/\text{s}.$$

❖ Análise do estado actual do sistema do RMBI:

Verificação da velocidade na tubagem de sucção:

$$Q = 150 \text{ l/s} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow Q = 0,15 \times 3600 = 540 \text{ m}^3/\text{h} \quad D = 200 \text{ mm}.$$

$$Q = A \times v \quad \text{sendo um poço de sucção, } v_{\text{máx}} = 1,5 \text{ m/s} \quad (\text{AZEVEDO, 1998})$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{4}} = \frac{0,15}{\frac{3,14 \times 0,2^2}{4}} = \frac{0,15}{0,0314} \rightarrow v_{\text{sucção}} = 4,78 \text{ m/s} > v_{\text{máx}} = 1,5 \text{ m/s} \quad (\text{não verificada}).$$

Verificação da velocidade na tubagem de recalque: D = 150 mm

$$Q = A \times v \quad \text{se } D < 300 \text{ mm, } v_{\text{máx}} = (1,0 \text{ m/s à } 2,65 \text{ m/s}). \quad (\text{MACINTYRE, 1997})$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi \times D^2}{4}} = \frac{0,15}{\frac{3,14 \times 0,15^2}{4}} = \frac{0,15}{0,0176625} \rightarrow v_{\text{recalque}} = 8,49 \text{ m/s} > v_{\text{máx}} = 2,65 \text{ m/s} \quad (\text{não verificada}).$$

Verificação do Motor Bomba instalada: trifásico

$$\text{KSB} \quad Q = 540 \text{ m}^3/\text{h} = 150 \text{ l/s} = 0,15 \text{ m}^3/\text{s} \quad P_M = 75 \text{ kW} \quad H_m = ?$$

$$P_M = \frac{H_m \times Q \times \gamma}{\eta} \rightarrow H_m = \frac{P_M \times \eta}{Q \times \gamma} = \frac{75 \times 0,75}{0,15 \times 10} = 37,5 \text{ m}.$$

❖ **Redimensionamento da estação elevatória do RMBI:**

$$v = 1,5 \text{ m/s} \quad ; \quad Q = A \times v \quad \rightarrow \quad 0,15 = A \times 1,5 \quad \rightarrow \quad A = \frac{0,15}{1,5} \quad \rightarrow \quad A = 0,1 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad \rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \times 0,1}{\pi}} \quad \rightarrow \quad D \cong 0,357 \text{ m} = 357 \text{ mm.}$$

Diâmetro comercial acima : $D = 400 \text{ mm}$ (sucção); abaixo: $D = 350 \text{ mm}$ (recalque)

Porém, assume-se $v_{\text{máx}} = 2,0 \text{ m/s}$ de saída na bomba para esta pesquisa.

$$v = 2,0 \text{ m/s} \quad ; \quad Q = A \times v \quad \rightarrow \quad 0,15 = A \times 2 \quad \rightarrow \quad A = \frac{0,15}{2} \quad \rightarrow \quad A = 0,075 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4} \quad \rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} \quad \rightarrow \quad D = \sqrt{\frac{4 \times 0,075}{\pi}} \quad \rightarrow \quad D \cong 0,309 \text{ m} = 309 \text{ mm.}$$

Diâmetro comercial acima : **$D = 350 \text{ mm}$** (sucção); abaixo: **$D = 300 \text{ mm}$** (recalque)

Material: tubo Plástico PVC $C = 140$ (vide tabela 4):

• **Perda de carga na sucção:**

$$J_s = \left[\frac{4 \times Q}{0,355 \times \pi \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,852} \rightarrow J_s = \left[\frac{4 \times 0,15}{0,355 \times 3,14 \times 140 \times (0,350)^{2,63}} \right]^{1,852} \rightarrow J_s \cong 5,60 \times 10^{-3} \text{ m/m.}$$

$$\Delta H_C = J \times L_e = 5,60 \times 10^{-3} \times 10 = 5,60 \times 10^{-2} \text{ m} = 0,056 \text{ m.}$$

Tabela 5. Dados da Sucção (Fonte: Autor).

Sucção: $D = 350 \text{ mm}$	
Peças	Comprimento (m)
1 Válvula de pé	90
1 Curvas de 90°	5,4
Ralo ou Crivo	90
Comprimento total	$L_e = 185,4$

$$\Delta H_L = J \times L_e = 5,6 \times 10^{-3} \times 185,4 \cong 1,03824 \text{ m.}$$

$$\Delta H_s = \Delta H_C + \Delta H_L = 0,056 + 1,03824 = 1,09424 \text{ m.}$$

• **Perda de carga no recalque:**

$$J_r = \left[\frac{4 \times Q}{0,355 \times \pi \times C \times D^{2,63}} \right]^{1,852} \rightarrow J_r = \left[\frac{4 \times 0,15}{0,355 \times 3,14 \times 140 \times (0,300)^{2,63}} \right]^{1,852} \rightarrow J_r \cong 0,01186 \text{ m/m}$$

$$\Delta H_C = J \times L_e = 0,01186 \times 500 = 5,93 \text{ m.}$$

Tabela 6. Dados do Recalque (Fonte: Autor).

Recalque: D = 300 m	
Peças	Comprimento (m)
1 Válvula de Retenção leve	24
Curvas de 90°	2 x 6,1 = 12,2
1 Registro de Gaveta	2,1
Comprimento total	Le = 38,3

$$\Delta H_L = J \times L_e = 0,01186 \times 38,3 \cong 0,454238 \text{ m}$$

$$\Delta H_r = \Delta H_c + \Delta H_L = 5,93 + 0,454238 = 6,384238 \text{ m}$$

$$H_f = \Delta H_s + \Delta H_r \rightarrow H_f = 1,09424 + 6,384238 = 7,48 \text{ m.}$$

❖ **Equação do sistema.**

$$HG = H_s + H_r = 4 + 12 \rightarrow \mathbf{HG} = 16 \text{ m.}$$

$$\mathbf{Hm} = \mathbf{HG} + \mathbf{Hf} \rightarrow Hm = 16 + 7,48 \rightarrow Hm = 23,48 \text{ m.}$$

Cálculo do coeficiente k da equação 7: com caudal em m³/h

$$Hm = HG + K \times Q^{1,852} \rightarrow 23,48 = 16 + K \times 540^{1,852} \rightarrow k \approx 6,1 \times 10^{-4}$$

$$\mathbf{Hm} = \mathbf{16} + \mathbf{6,1 \times 10^{-4} \times Q^{1,852}} \rightarrow \mathbf{Equação do sistema.}$$

❖ **Verificação do NPSH requerido e NPSH disponível instalados no RMBI**

O NPSH_{requerido} obtem-se da bomba, e é de 6,5 m.

O NPSH_{disponível} = H_{atm} - H_s - H_v + ΔH_s, pois, trata-se de uma sucção positiva

$$NPSH_{disponível} = [(10,33 - 0,00108 \times 16) - 4 - 0,33 + 1,09424] \text{ m}$$

NPSH_{disponível} = 7,08 m > NPSH_{requerido} = 6,5 m. Logo, não ocorre a cavitação

❖ **Cálculo da altura máxima de aspiração**

Sendo uma sucção positiva, segue-se o uso da seguinte fórmula:

$$H_{st \text{ máx}} = H_{atm} - NPSH - H_v + \Delta H_s$$

$$H_{st \text{ máx}} = (10,33 - 0,00108 \times 16) - 7,08 - 0,33 + 1,09424 = 4 \text{ m.}$$

Logo, tem-se que a altura máxima de sucção é de 4 metros.

❖ **Redimensionamento do grupo Motor-bomba:**

$$P_B = \frac{Y \times Q \times X \times H_m}{\eta} \rightarrow P_B = \frac{10 \times 0,15 \times 23,48}{0,75} \rightarrow P_B = 46,96 \text{ kW.}$$

$$P_B = 46,96 \text{ kW} > 20 \text{ kW} \rightarrow f_m = 10\% \rightarrow \text{Logo, } P_M = (1 + 0,10) \times 46,07 \rightarrow P_M = 51,7 \text{ kW.}$$

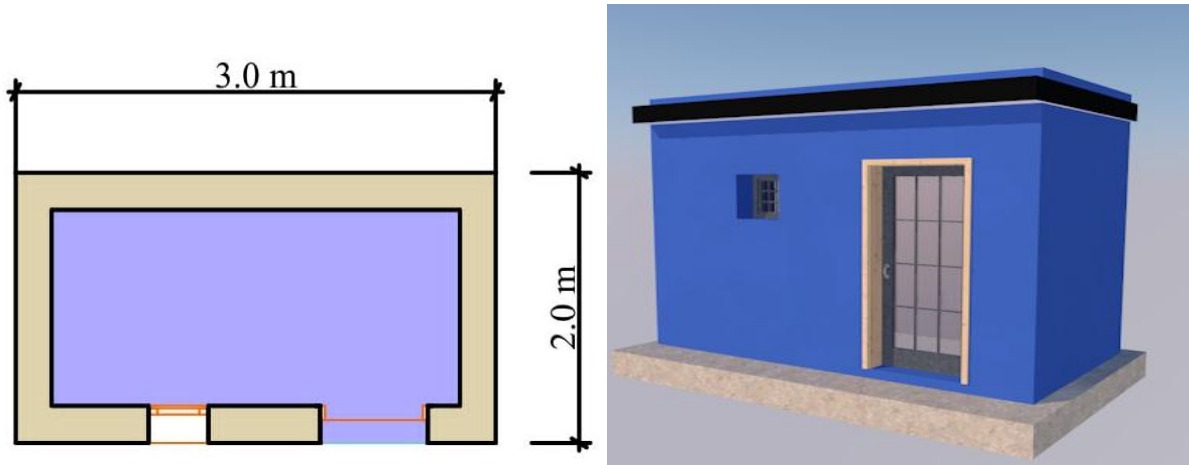


Figura 10. Proposta da casa das bombas (Fonte: Autor).

Tabela 7. Operação da estação elevatória. (Fonte: Autor, inspirado em Moisés Mabote).

		Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domin g
		data:	data:	data:	data:	data:	data: /	data:
		/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /	/ /
BOMBAGEM	Ligar/hora							
	Desligar/hor							
	Ligar/hora							
	Desligar/hor							
MANÓMETRO								
MANUTENÇÃO								
OBSERVAÇÃO								
LEITURA DO VOLTÍMETRO								
LEITURA DO AMPERÍMETRO								

Tabela 8. MANUTENÇÕES. (Fonte: Autor, inspirado em Moisés Mabote).

SISTEMA	Intervalo de TEMPO	RESPONSABILIDADE		TAREFAS	MATERIAL E EQUIPAMENTO
		Pessoal Local	Especialista		
Poço de Captação	1 ano	Grupo de manutenção		Inspeção, limpeza da bomba, eliminação de fendas	Bomba
Tubagem no poço de captação	Semestre	Grupo de manutenção		Inspeção, reparações	Juntas, curvas, tubos
conjunto motor-bomba	1 dia	Operador		Verificar rolamentos, empanques, porcas e parafusos, etc.	Chave de boca
	Semestre	Grupo de manutenção		Verificar alinhamento, lubrificante, substituir vedantes	Óleo e massas lubrificantes, empanques
	3 anos		Empresa especializada	Revisão geral, limpeza e substituição de peças desgastadas	Peças e sobressalentes, conjunto electrobomba
Válvulas casa da bomba e filtros	1 ano	Operador		abrir e fechar todas válvulas	
	1 dia	Operador		Pintura e reparações	Tinta e material de construção
	2 anos		Grupo de manutenção		
Reservatório	1 ano		Grupo de manutenção	Inspeção completa do reservatório	

ANEXOS

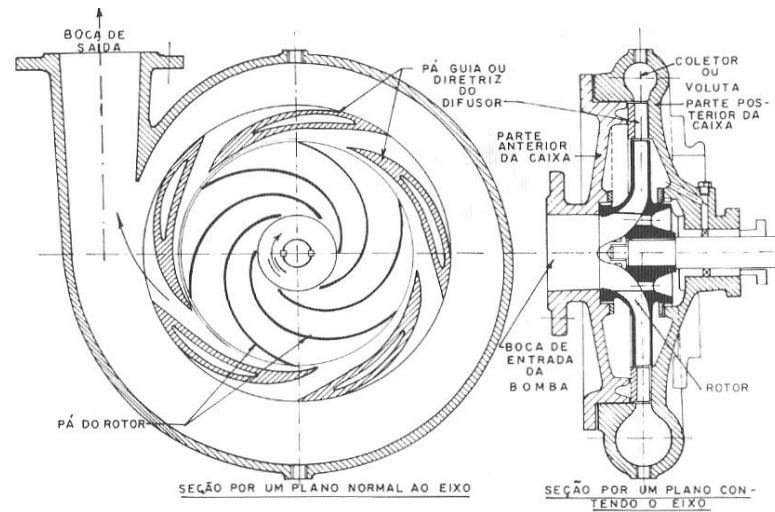


Figura 11. Esquema de uma bomba (Fonte: MACINTYRE, 1997).

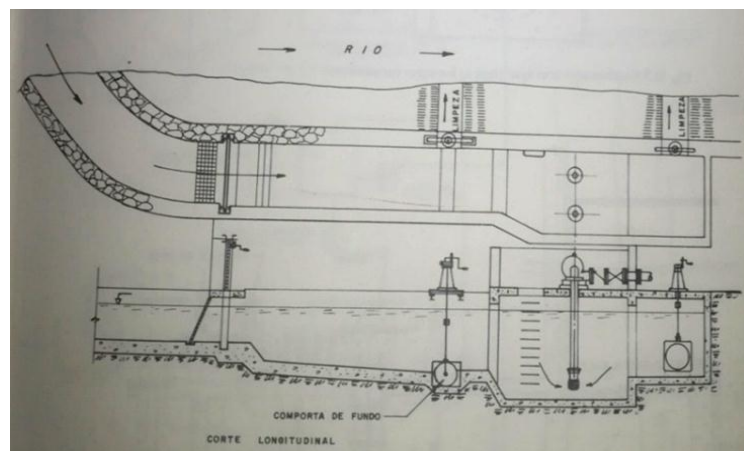


Figura 12. Tomada de água por derivação no rio. (Fonte: MACINTYRE, 1997).

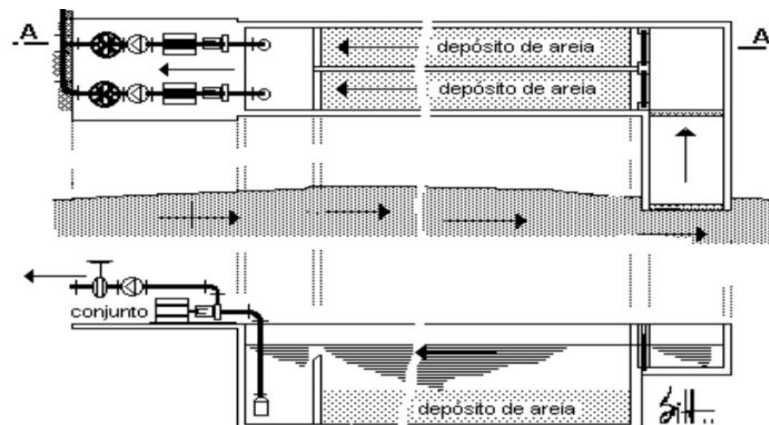


Figura 13. Tomada de água por derivação no canal (Fonte: MACINTYRE, 1997).



FACULDADE DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
 Campus Universitário de Lhanguene, Av. Do Trabalho n° 2482, Telemóvel: +258 82 241 4880/86 062 8899, Maputo
 Correio electrónico: secretaria-est@up.ac.mz, website: www.up.ac.mz

À
Serviços Distritais de Actividades Económicas da Moamba

MAPUTO

N/ Ref. N°546/FET/UPM/216.4/2021

Assunto: ESTÁGIO PROFISSIONAL SUPERVISIONADO

O Estágio Profissional Supervisionado marca o culminar da formação do estudante. Trata-se de um momento no qual o estudante praticante irá consolidar a prática das técnicas de produção profissional da sua área de especialidade.

Nesta actividade curricular, os estudantes terão a oportunidade de aprofundar e consolidar os mecanismos dos trabalhos em empresas de construção, obras e outras áreas profissionais onde deverão acompanhar todos os passos desde o projecto até a construção.

Havendo necessidade de aperfeiçoar os conhecimentos técnico-científicos adquiridos ao longo da formação teórica do **Curso de Engenharia Civil com habilitação em Construção e Manutenção de Obras Hidráulicas**, vimos por este meio solicitar vagas para estágio pré-profissional do estudante **Félix José Mondlane**, nas vossas instalações, por um período de três (03) meses.

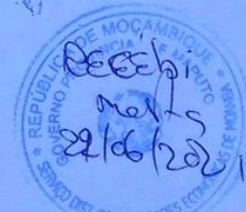
Salienta-se que este estágio, culminará com a elaboração do Trabalho do Fim de Curso.

Agradecemos antecipadamente a atenção de V. Ex.ª

Maputo, aos 11 de Junho de 2021

A Chefe de Repartição de PTP

MSc. Cacilda Chivato





REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
PROVÍNCIA DE MAPUTO
GOVERNO DO DISTRITO DE MOAMBA
SERVIÇO DISTRITAL DE ACTIVIDADES ECONÓMICAS

A:
Faculdade de Engenharias e
Tecnologias da Universidade
Pedagógica de Maputo

N/Ref. 212/SDAE-M/____PPP/2021

Data 06/07/2021

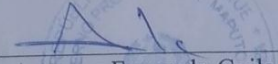
ASSUNTO: Pedido de Estágio Profissional

Em resposta à nota N/Ref. 546/FET/UPM/216.4/2021, datada em 11/06/2021, que versa sobre a solicitação de uma vaga para o estágio pré-profissional do estudante **Félix José Mondlane** a esta instituição.

O Serviço Distrital de Actividades Económicas de Moamba é de parecer favorável a vaga para o estágio pré-profissional do estudante.

Sem mais de momento, cordiais saudações.

A Directora Distrital


Açucena Fernando Guila
(Téc.Superior N1)

